Л. Мухин

В НАШЕЙ ГАЛАКТИКЕ

МОСКВА
«МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ»
1983

Мухин Л. М.

М92 В нашей Галактике. — М.: Мол. гвардия, 1983. — 192 с., ил. — (Эврика).

В пер: 55 коп. 100 000 экз.

О современных представлениях об образовании звезд, планет, малых тел, о новых данных исследований планет Солнечной системы, которые не только расширили наши представлениия об окружающем мире, но и поставили перед учеными новые интригующие загадки, рассказывает эта книга.

М $\frac{1705000000-241}{078(02)-83}$ 278—83

ББК 22.65
526

ВМЕСТО ВВЕДЕНИЯ

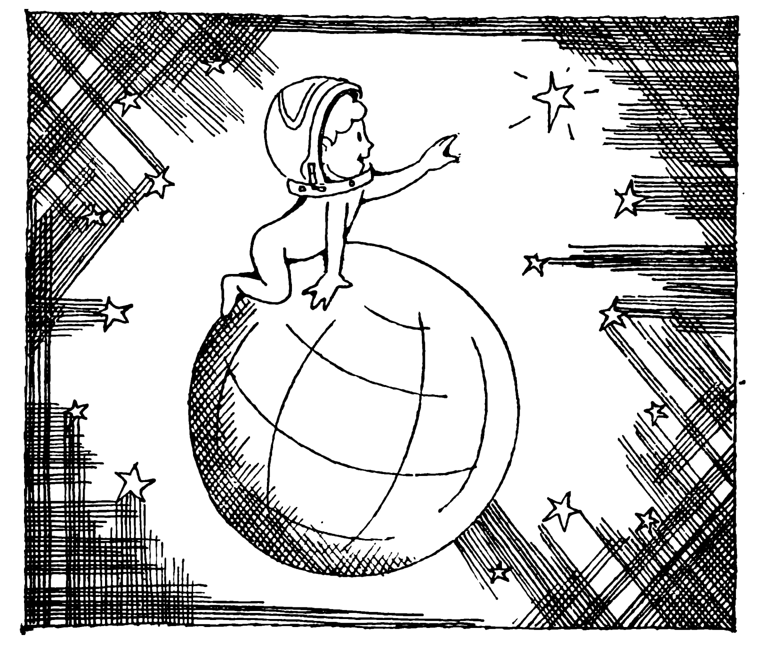
Десятки тысячелетий люди смотрели на звездное небо. Десятки тысячелетий они могли наблюдать в ясные ночи Млечный Путь. Но лишь сравнительно недавно ученым стало окончательно ясно, что Млечный Путь — гигантское вращающееся скопление звезд. Скопление это имеет спиральную форму, содержит сотни миллиардов звезд и является лишь одним из многих островков мегамира, Вселенной. Эти острова называются галактиками.

Около двухсот лет назад с изобретением телескопов удалось начать систематическое исследование нашей Галактики. С полным правом мы связываем эту новую эру в астрономии с именем немецкого музыканта, переквалифицировавшегося в астронома, В. Гершеля. Но работы Гершеля были бы невозможны, если бы фундамент новой астрономии не заложили такие титаны, как Н. Коперник и Г. Галилей, И. Кеплер и И. Ньютон.

Ближе к внешней части нашей Галактики, между ее спиральными рукавами, находится Солнечная система, о которой и пойдет разговор в этой книге.

Путь к пониманию строения Солнечной системы был долгим. Он длился тысячелетия. И лишь около пятисот лет назад стали закладываться основы новой науки, которая теперь называется планетной космогонией. Время, когда это произошло, — одна из наиболее ярких страниц в истории науки и человеческой культуры.

Со второй половины XIV века в Европе началась великая эпоха, получившая название Возрождения. Новый этап, продолжавшийся около двухсот лет, подарил человечеству таких титанов культуры, как Леонардо да Винчи, Рафаэль Санти, Микеланджело Буонарроти, Бенвенуто Челлини, Шекспир. Энгельс писал, что «это был величайший прогрессивный переворот из всех пережитых до того времени человечеством, эпоха, которая нуждалась в титанах и которая породила титанов по силе мысли, страсти и характеру, по многосторонности и учености».



Не нужно думать, однако, что и жизнь и творчество гениальных художников времен Ренессанса были легки и безоблачны. Светская и в особенности духовная власть ожесточенно боролась с нарушениями любых канонов, и человек, выступивший против догматов католической церкви, рисковал собственной жизнью. Ханжество и самодурство всесильных властителей погубило многие бесценные картины. Небезызвестная Мария Медичи, жена Генриха IV, приказала уничтожить за непристойность «Леду» Микеланджело. От знаменитой «Леды» Леонардо остался лишь набросок с нее Рафаэля. У «Леды» Корреджио благочестивые ценители искусства вырезали лицо.

И все-таки писатели, художники и скульпторы рисковали гораздо меньше тех, кто осмеливался подвергнуть сомнению основные положения католицизма.

А такие люди были. Потому что это время совпало с рождением новой науки, с бурным развитием естествознания, и именно этот процесс с неизбежностью должен был пошатнуть устои римской церкви.

Вообще говоря, и историки и писатели несправедливы к ученым. Число томов, посвященных жизнеописа-

нию и исследованию творчества Леонардо да Винчи и Микеланджело, во много десятков раз превышает то, что написали про Бруно и Коперника, Галилея и Ньютона. Читая до поздней ночи «Трех мушкетеров» и «Двадцать лет спустя», мы не задумываемся о том, что, когда д'Артаньян и его друзья пытались спасти от казни Карла I Стюарта, трехлетний Ньютон играл на ферме в Вульсторне. Миллионы людей знают об обстановке при дворе Людовика XIII и Людовика XIV, о герцоге Букингемском и Анне Австрийской, о кардинале Ришелье и мадам Бонасье, де Тревиле и Арамисе, но кто знает о том, что именно Людовик XIV финансировал созданную во время его правления Французскую академию наук — собрание «бессмертных»? Он даже пытался привлечь знаменитых иностранных ученых в Париж, чтобы приумножить славу и блеск французского двора, закрепить за собой репутацию величайшего монарха Европы.

Ему удалось пригласить из Голландии Х. Гюйгенса, а из Италии — Д. Кассини, прославившегося наблюдениями Юпитера и Сатурна.

Конечно, писать о художниках, поэтах, композиторах легче, чем об ученых. Площади городов и дворцы, музеи и библиотеки, концертные залы и картинные галереи обеспечивают сопричастность к творчеству титанов прошлого миллионов людей. Писать о тех, кто перевернул наше миросознание, о тех, кто объяснил, как и почему именно таким образом, а не иначе устроен окружающий нас мир, очень трудная задача. За короткой строкой закона всемирного тяготения Ньютона, состоящей всего из нескольких символов, но объясняющей движение планет, комет и галактик, — десятилетия грандиозного труда.

Этот закон, как говорится, сухой остаток творчества ученого. Границы его применимости, его значение для понимания процессов, происходящих в мире, окружающем нас, может оценить далеко не каждый. Но влияние этого закона на все последующее развитие человеческой цивилизации огромно. То же самое можно сказать и об учении Н. Коперника, и о работах А. Эйнштейна.

Именно поэтому, чтобы понять значение переворота, происшедшего в науке в эпоху Возрождения, нужно сравнить систему мира, существовавшую со времен Аристотеля, с той, которая пришла ей на смену и открыла

в конце концов путь к пониманию устройства и Солнечной системы, и Галактики, и Вселенной.

Итак, система мира, полностью принятая и, более того, канонизированная католической церковью, ведет свое начало от ученика Платона, великого мыслителя древности Аристотеля из Стагира (городка на побережье Македонии). Система мира Аристотеля, подкрепленная впоследствии трудами выдающегося астронома Птолемея, просуществовала почти две тысячи лет. Согласно этой системе Земля была центром Вселенной, так как все тяжелые частицы стремятся к центру, и именно здесь и образуется твердое тело нашей планеты. Легкие элементы — воздух и огонь — поднимаются в высокие слои, там они загораются, и тогда люди видят кометы и падающие звезды. Вечно движение небесных тел по сферам, окружающим неподвижную Землю, а Вселенная сферична и конечна.

Интересно, что сферичность Вселенной Аристотель аргументировал тем, что сфера — единственная совершенная геометрическая фигура, которая при вращении всегда занимает одно и то же место в пространстве. А чтобы сферы, окружающие Землю, вращались, должна была существовать некая движущая сила — это Аристотель прекрасно понимал. Он считал, что эта сила исходила из самой внешней по отношению к Земле сферы и «запускала» движение всех остальных.

Эта система получила название геоцентрической.

Не следует думать, что у древних идея Аристотеля не вызывала никаких возражений. Высказывались мысли о вращении Земли вокруг собственной оси, причем эти мысли принадлежали современникам Аристотеля. Но самый смелый шаг был сделан греческим математиком Аристархом Самосским вскоре после смерти Аристотеля. Он первым из греческих мыслителей расположил Солнце в центре мира, а Землю заставил вращаться вокруг Солнца. Этот факт доподлинно установлен, поскольку Архимед упоминает о нем в своем труде «Исчисление песчинок».

Гипотеза Аристарха Самосского не нашла единомышленников, поскольку астрономия в то время обладала небольшим количеством наблюдательных фактов. Потребовалось свыше полутора тысяч лет, чтобы она возродилась в знаменитой книге Коперника «О вращениях небесных сфер».

Творец гелиоцентрической системы Николай Копер-

ник родился в семье польского купца в городе Торуне на Висле в 1473 году. Оставшись в десять лет без отца, он оказался на попечении брата матери — каноника Лукаша Ваченроде, который дал Николаю великолепное образование.

В Краковском университете, где учился Коперник, астрономию преподавал декан факультета искусств Войцех Брудзеевский, видный польский гуманист, математик и астроном. Он критиковал в своих лекциях учение Птолемея.

Биографы Коперника до сей поры ведут дискуссии о влиянии Брудзеевского на молодого студента.

Известна легенда о том, что именно Брудзеевский сообщил Николаю свои идеи о гелиоцентрической системе. Скорее всего это не так, и существуют исторические документы, опровергающие эту версию. Но ясно одно — преподаватели Краковского университета использовали в своих лекциях комментарии Брудзеевского к работам Аристотеля и Птолемея. Авторитет Брудзеевского был исключительно высок, и вполне возможно, что Николай Коперник увлекся астрономией во время своей учебы в Кракове.

Однако по окончании Краковского университета Коперник не получил ученой степени ни доктора, ни магистра и отправился продолжать образование в Италию в старейший в Европе Болонский университет. Именно там Коперник начал первые самостоятельные астрономические наблюдения, которые продолжил потом в Риме. Заметим, что уже в 1500 году он получил в Италии звание профессора математики. В 1503 году он получает степень доктора канонического права. Застенчивый и скромный поляк к этому времени в совершенстве знал древнегреческий язык и ознакомился с работами крупнейших ученых и философов того времени. Затем он вернулся в Польшу и занял должность канцлера капитула (совета при епископе) в небольшом городке Фромборке на берегу Вислинского залива.

По всей видимости, начиная с 1515 года он систематически разрабатывал новую систему мира и одновременно наблюдал движение небесных светил. Очень кратко основные положения, тезисы новой теории он изложил на двенадцати страницах рукописи, которую сейчас принято называть «Малым комментарием». Сам Коперник называл эти тезисы аксиомами.

Первые аксиомы гласили, что «не существует одного

центра для всех небесных орбит или сфер, а... центр Земли не является центром мира. Все сферы движутся вокруг Солнца... Так что около Солнца находится центр мира».

В «Малом комментарии» нет каких-либо математических выкладок. Это была идеологическая квинтэссенция последующего гениального произведения «О вращении небесных сфер».

Требовалось немалое мужество, чтобы отказаться от учения Птолемея и Аристотеля в то время, когда за гораздо меньшую «ересь» инквизиция жестоко карала отступников.

Особенно для человека, который занимал должность в епископальном совете. Иногда пишут, что Коперник имел сан священника, но на самом деле в капитуле он занимал административную должность.

Коперник не делал тайны из своих идей, и уже в 1533 году отцы римской церкви и даже сам папа Клемент VII были ознакомлены с новым учением, и тем не менее Коперник долгое время не публиковал своей бессмертной книги. Первое издание появилось в год его смерти. Предисловие этой книги было обращено к новому владыке римской церкви папе Павлу III.

Основная идея Николая Коперника, состоявшая в том, что Земля не центр мира, не могла не прийти в противоречие с библейскими догмами. Глубокий философский смысл его учения наносил смертельный удар церкви. Не в церковных канонах содержалась теперь истина. Человек-творец показал, как устроен мир. И когда эта теория повлекла за собой сомнения в правильности и незыблемости церковных догм, Ватикан понял, какой чувствительный удар ему нанесен.

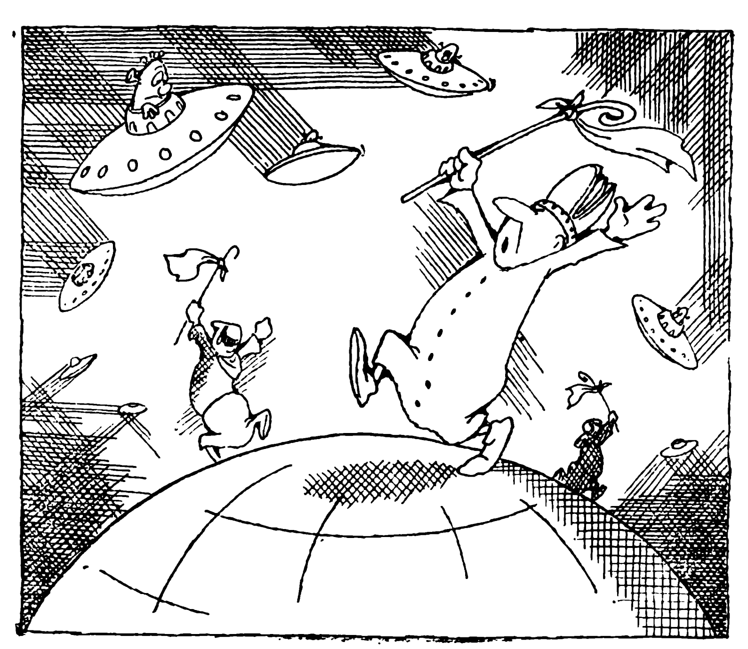
Интересно, что это случилось не сразу. Лишь в 1616 году, через шестнадцать лет после гибели Джордано Бруно, бессмертная книга Коперника была внесена в так называемый Индекс — список запрещенных книг. Спустя два века, в 1835 году, церковь исключила книгу Николая Коперника из Индекса.

Но еще до 1616 года нашлись люди, которые в полной мере поняли и, более того, показали всю глубину философского смысла учения Коперника. И конечно же, первым среди них был Джордано Бруно, называвший себя Ноланцем. Нола — небольшой городок в провинции Терра ди Лавора, неподалеку от которого в 1548 году родился Бруно, получивший при крещении имя

Филипио. Впоследствии в монастыре он сменил это имя на Джордано, и нынче весь мир знает его как Джордано Бруно Ноланца. В Джордано счастливо сочетались несгибаемая сила духа и выдающиеся таланты. Он обладал феноменальной памятью, о чем писали многие его современники.

Когда в 1572 году Джордано Бруно получил сан священника, его вызвали из Неаполя в Рим продемонстрировать папе свои удивительные способности. Папский двор был потрясен, когда молодой монах читал предложенный ему текст и тут же повторял его вслух без единой ошибки. Он цитировал по памяти труды многих мыслителей. Бруно неустанно совершенствовал свое образование. И конечно же, для человека с такими способностями, с глубоким философским взглядом на жизнь, на окружающий мир не могли быть хоть в какой-то степени приемлемы методы «воспитания» людей римской церковью.

Когда юному Джордано было всего двенадцать лет, в Неополитанском королевстве произошли чудовищные события, связанные с действиями римской инквизиции по искоренению «ереси». Папские войска практически



полностью истребили небольшую общину протестантов. Попавших в плен жгли, детей сбрасывали с городских башен. Историки не решились описать изощренные пытки, которым были подвергнуты шестьдесят захваченных в плен женщин. Ни одна из них не перенесла этих пыток.

Джордано Бруно не мог не знать обо всем этом. И бесспорно, что с самых юных лет в нем росли ненависть и недоверие не только к отцам церкви, но и к самому церковному учению.

Я специально сделал небольшой исторический экскурс, чтобы показать, в какой мрачной обстановке пришлось жить и творить одному из величайших мыслителей человечества.

Свои взгляды Бруно изложил в трех книгах, написанных в форме диалогов: «Пир на пепле», «О причине начала и едином» и «О бесконечности вселенной и мирах».

Именно здесь он и сформулировал новое научное миропонимание. Он много путешествовал, вернее сказать, скитался по Европе, спасаясь от преследований инквизиции, был в Англии, Франции и многих других странах, принимал там участие в философских диспутах. Поэтому учение его получило широкую известность.

И конечно же, нельзя считать, что Бруно лишь развил учение Коперника или обосновал его философски. Бруно — творец нового научного мировоззрения. Гениальное предвидение о бесконечности миров, «которые носятся в эфирном океане, подобно нашему миру», возрождение атомистической теории, создание новой картины космоса выдвигают Джордано Бруно в первые ряды величайших мыслителей.

Он был арестован по доносу своего знакомого и провел много месяцев в застенках инквизиции. Его жестоко пытали, но ни иезуитам, ни доминиканским монахам не удалось добиться от Бруно отказа от своих идей. 17 февраля 1600 года его вывели на римскую площадь Кампо ди Флоре — Площадь цветов, где уже было приготовлено два костра: один для священника-еретика Чиприани Кручиферо, другой для Бруно. Его привязали цепями и мокрыми веревками к железному столбу, у ног сложили его книги. Как только был зажжен костер, началось сильное землетрясение, словно сама природа гневалась на церковь за ее жестокость. Все биографы

великого Ноланца единодушно отмечали его беспримерное мужество во время казни.

И сегодня, с бурным ростом научных знаний, мы как никогда можем оценить гениальные идеи Бруно о бесчисленности миров. В одной нашей Галактике миллиарды солнц. А сколько других галактик во Вселенной? Как они устроены? Как устроена наша Солнечная система? Как она возникла? Вопросов очень много. И далеко не на все можно дать сейчас исчерпывающие ответы.

Возьмем для примера вопрос о том, как возникли галактики. Здесь уместно вспомнить слова знаменитого астрофизика Ф. Хойла: «О происхождении галактик почти ничего не известно». Но ведь есть более простые иерархические подсистемы во Вселенной. К примеру, наша Солнечная система. Она и меньше и, казалось бы, проще, чем огромный звездный остров. Но и здесь более чем достаточно проблем, загадок, тайн. Мы очень много узнали о Солнечной системе за последние годы, но, право же, число нерешенных вопросов от этого не уменьшилось.

Астрофизики достаточно уверенно говорят о первых секундах рождения Вселенной — Большом взрыве, начале ее расширения. А вот о рождении Солнечной системы известно гораздо меньше, и существует много взаимоисключающих точек зрения. Наука хорошо знакома с подобными ситуациями.

Как это ни кажется парадоксальным, в начальные мгновения своего рождения Вселенная была достаточно проста. А вот как только мы пытаемся разобраться в более поздних событиях, происходивших в нашем мире, то сталкиваемся с очень серьезными затруднениями.

Хотя, казалось бы, к услугам современных ученых физика, как пишет в своих знаменитых лекциях Р. Фейнман, «самая фундаментальная из всех наук, самая всеобъемлющая». Справедливости ради отметим, что через несколько страниц он замечает: «Положение, в котором находится современная физика, следует считать ужасным». Но когда мы будем более подробно говорить о тайнах, загадках Солнечной системы, следует отдавать себе отчет, что дело здесь, конечно же, не в слабости современной физики. Мы просто плохо знаем историю семьи Солнца, и даже сегодня наши сведения о ней не назовешь исчерпывающими.

Глава I

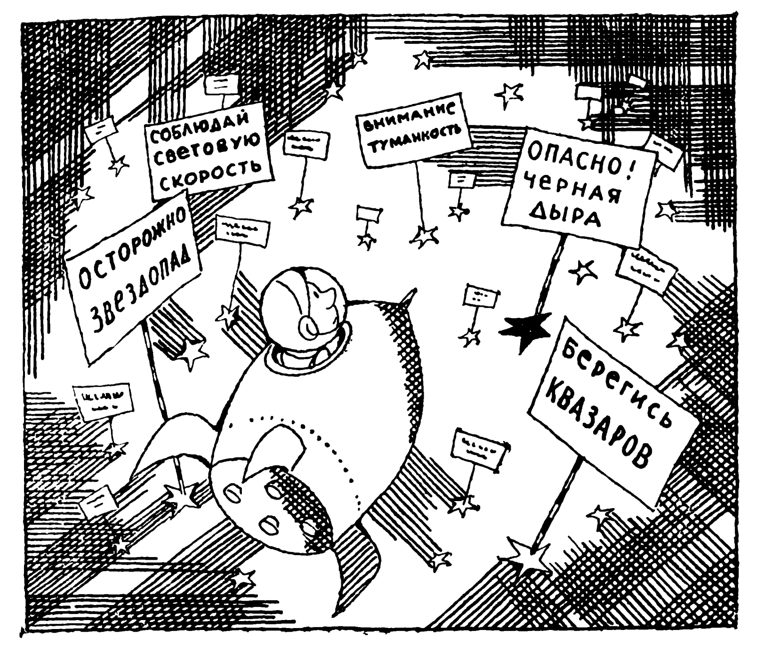
НА ОКРАИНЕ ГАЛАКТИКИ

«Нет ничего проще, чем звезда», — сказал А. Эддингтон, положивший начало теории строения звезд. «Нет ничего проще, чем Солнце», — можно было бы сказать, перефразируя его выражение. Но было ли бы это справедливо? Так ли «просто» наше Солнце? Мы знаем сегодня о Солнце немало. И тем не менее здесь есть и нерешенные, и просто-напросто загадочные вопросы. Но прежде чем перейти к рассказу об этих проблемах, давайте поговорим о месте Солнца и его роли в звездном мире.

Галактика, в которой находится наша Солнечная система, — огромное скопление миллиардов звезд, межзвездного газа и пыли. Причем пыль и газ составляют лишь несколько процентов от всей массы Галактики. Остальное вещество Галактики приходится на звезды. Наша Галактика — один из многих миллионов звездных островов Вселенной. Если бы мы мысленно взглянули на нее «сверху», то увидели бы гигантскую линзу клочковатой структуры. Мы смогли бы увидеть, что в центре плотность вещества больше, там больше звезд, а к краям линзы плотность материи уменьшается, там уже существуют разрывы, которые имеют вид спиральных ветвей. Поэтому наша Галактика и называется спиральной.

Размеры ее огромны. Световой луч, идущий из центра Галактики к ее краю, будет путешествовать около 50 тысяч лет, и, следовательно, диаметр Галактики составляет примерно 100 тысяч световых лет. Толщина ее около 10 тысяч световых лет.

Примерно посередине между центральной частью Галактики и ее периферией, между спиральными ветвями, или, как еще говорят, спиральными рукавами, находится наша Солнечная система. Она обращается вокруг центра Галактики с немалой скоростью — около 200 километров в секунду и поэтому полный оборот по «галактической» орбите завершает примерно за 270 миллионов лет.



Нельзя сказать, что наша Солнечная система лежит уж совсем на окраинах Галактики, но, конечно, мы достаточно далеки и от ее центра. Быть может, как раз в этом наше счастье: ядра галактик могут взрываться, так что положение Солнечной системы на почтительном расстоянии от центра Галактики имеет свои преимущества.

Итак, многие миллиарды звезд только в нашей Галактике и миллиарды миллиардов в доступной для наблюдения части Вселенной. И если рождение звезд — процесс более или менее универсальный, хотя отнюдь не понятый до конца, то уж их жизнь, а тем более смерть происходят совсем по-разному. Сегодня с уверенностью говорят о том, что есть звезды-монстры — гравитационные могилы, из которых не может вырваться даже луч света, их называют черными дырами. Есть чудовищные нейтронные звезды диаметром всего лишь с десяток километров, но с плотностью, превосходящей плотность атомных ядер. Нейтронные звезды образуются из взрывающихся сверхновых звезд. Интересно, что теоретики сначала предсказали существование нейтронных звезд, и лишь тридцать лет спустя они были обнаружены с по-

мощью радиотелескопа аспиранткой известного английского радиоастронома профессора А. Хьюиша — Д. Белл.

История науки знает немало примеров, когда работу делает один человек, а лавры достаются другому или другим. Вспомним хотя бы драматическую историю Р. Франклин, связанную с открытием двойной спирали ДНК. Загляните в книгу Д. Уотсона «Двойная спираль», и вам станет ясно, что страсти в мире науки по своему накалу не уступают страстям героев Шекспира.

Итак, Д. Белл открыла вращающиеся нейтронные звезды — пульсары. За это открытие А. Хьюишу присудили Нобелевскую премию, пока единственную за исследование в области астрофизики. Ну а что же мисс Белл? Ее имя известно сегодня любому человеку, интересующемуся астрофизикой.

Теперь два слова о сравнительных размерах звезд.

Мы уже говорили, что диаметр нейтронной звезды около 10 километров, она в тысячу с лишним раз меньше Земли. Черные дыры могут быть еще меньше. Есть звезды и побольше, но и их называют карликами потому, что, скажем, радиус так называемого белого карлика в сотню раз меньше радиуса нашего Солнца. А наряду с карликами существуют гиганты и сверхгиганты, как Бетельгейзе — красный сверхгигант. Звезды такого типа в тысячу раз больше Солнца.

Какое же место среди разнообразного мира звезд занимает Солнце? Наше царственное светило, к сожалению, всего лишь желтый карлик. Да, желтый карлик, небольшая звезда, названная так только из-за своего цвета и размеров, или, пользуясь Гарвардской классификацией, звезда спектрального класса G2. Спектральные классы звезд обозначаются буквами O, B, A, F, G, K, M. Звезды классов O и B большие и горячие. Температура голубых звезд спектрального класса O достигает 50 тысяч градусов, а температура красного карлика класса M — всего лишь 3 тысячи.

Интересно, что английские студенты, чтобы запомнить последовательность букв, обозначающих классы звезд, придумали удобное мнемоническое правило — фразу, в которой первые буквы слов соответствуют спектральной последовательности звезд: «O, be a fine girl, kiss me!» («Будь хорошей девочкой, поцелуй меня»). Ясно, что любой студент легко запомнит такую фразу. Правда, известный советский астроном профессор Б. Воронцов-Вельяминов считает, что легче запоминают-

ся абсурдные, нелепые фразы, например: «Один бритый англичанин финики жевал, как морковь».

Температура нашего Солнца около 6 тысяч градусов в его поверхностных слоях, и именно поэтому на третьей от Солнца планете может существовать жизнь. Будь вместо Солнца в центре нашей системы более горячая звезда, скажем спектрального класса B, ни о каких формах жизни на Земле не могло бы быть и речи. Но давайте проследим за рождением нашей звезды.

Рождение желтого карлика

Сейчас построено множество теоретических моделей рождения звезд, и все-таки к рассказу о «первых минутах творения» светила нужно относиться с известной осторожностью. Сравнительно недавно в Ницце происходила международная конференция, посвященная происхождению Солнечной системы. Там выступили с докладами о рождении Солнца два известных астрофизика — А. Камерон и Р. Ларсон. После доклада Ларсона встал Камерон и заявил, что он «восхищен докладом доктора Ларсона», но что на самом деле в природе, по его мнению, все происходило иначе. Думаю, что по поводу доклада Камерона Ларсон мог бы сказать то же самое.

О смерти звезд науке известно больше, чем об их рождении, и, наверное, это естественно. Недаром издавна рядом со словом «рождение» стоит слово «таинство». Проблема рождения звезд приобрела особенную актуальность после того, как астрономам стало известно, что массивные звезды, к примеру, раз в десять тяжелее Солнца, живут около 10 миллионов лет.

Казалось бы, ничего страшного: 10 миллионов лет — немалый срок!

Все дело в том, что возраст нашей Галактики в тысячу раз больше этого срока — не менее 10 миллиардов лет. А из этого простого сопоставления немедленно вытекает принципиальное следствие: звезды рождаются в Галактике непрерывно. Простые оценки показывают нам следующее. Астрофизикам хорошо известно, что каждый год в нашей Галактике «умирает» как минимум одна звезда. И если бы все звезды образовались одновременно, все они к сегодняшнему дню должны были бы «умереть». Поскольку мы все-таки можем любоваться россыпями звезд на ночном небе, ясно, что в Галактике

идут процессы, компенсирующие смерть звезд, — их рождение.

Итак, посмотрим, как ведут себя облака газопылевой материи в Галактике. Почему именно облака? Это достаточно сложный вопрос. Теоретические расчеты показывают, что изначально однородная диффузная материя в конце концов разбивается на отдельные сгущения, которые и получили название газопылевых облаков. Сейчас нам с вами придется говорить о непростых вещах, происходящих в мире звезд. И поэтому мы должны будем обратиться к физике. Эта наука (вспомним мнение Р. Фейнмана) претендует на то, чтобы объяснить все явления, происходящие в природе. Но современной физике немногим больше 200 лет (если приурочить ее рождение к работам великого И. Ньютона), а природа «работает» миллиарды лет. Поэтому нет ничего удивительного в том, что число загадок, оставшихся для физиков к сегодняшнему дню, не создает проблемы безработицы в этой области.

В физике есть такое понятие, как неустойчивость. Самый простой пример неустойчивости: шар на вершине арки. Ясно, что при определенной сноровке мы можем добиться того, чтобы шар остался в верхней точке арки. Но его положение будет неустойчивым. Достаточно легкого прикосновения, и шар покатится вниз, особенно в том случае, если арка крутая.

Наше облако при определенных условиях тоже может стать неустойчивым. Что это значит? Огромное облако размером, скажем, в десять световых лет начнет вдруг сжиматься под влиянием собственной гравитации. Через некоторое время оно разобьется на ряд плотных (конечно, относительно плотных) сгустков. Астрофизики считают, что именно из этих сгустков и рождаются отдельные звезды. Но собственно говоря, почему из холодного облака при сжатии должна образоваться горячая звезда?

Попробуем разобраться в этом вопросе.

Уже сотни лет назад на Зондских островах и в особенности на Калимантане туземцы умели добывать огонь при помощи устройства, позже получившего название пневматической зажигалки. Что это такое? В деревянном цилиндре высверливалось отверстие небольшого диаметра, в котором могла перемещаться палочка, а на конце ее прикреплялся кусочек трута. Зазор между стенками отверстия и палочкой был очень маленький.

Когда палочку вставляли в отверстие и быстро опускали, трут загорался. Почему? Да потому, что воздух, находившийся внутри, сжимался, а энергия сжатия превращалась в тепло. Кстати, на этом же принципе — превращения энергии сжатия газа в теплоту — работают дизельные двигатели. Здесь есть еще один тонкий момент. Чтобы получить достаточно высокую температуру, палочку нужно было двигать быстро, иначе тепло успело бы рассеяться.

Законы физики одинаковы и для пневматической зажигалки малайцев, и для двигателя Дизеля, и для огромного межзвездного облака. Вот почему при сжатии облако начнет нагреваться. Вот почему возможно образование горячей звезды из холодного облака. Ну а энергия сжатия облака во многие миллиарды раз больше, чем во всех дизельных двигателях земного шара.

Энергия сжатия превращается в излучение, которое может свободно выходить из облака в космическое пространство, пока плотность облака невелика. Поэтому сначала и температура облака повышается очень незначительно. Но чем сильнее сжатие, тем больше плотность вещества и тем труднее излучению выходить из облака.

И когда на определенном этапе плотность увеличивается, облако становится непрозрачным, а температура его внутренних областей начинает повышаться. Что такое непрозрачность и почему должна повышаться температура?

Давайте включим электрическую лампочку. Она сконструирована так, чтобы нить накаливания работала как можно дольше. Когда лампочка включена, она горячая, ее не возьмешь в руки: она и светит и греет. Но воздух комнаты прозрачен и для видимого света, и для теплового излучения лампочки. Если теперь завернуть лампочку в хороший теплоизолирующий материал, например в асбест, выход тепловой энергии будет затруднен, температура лампочки повысится и она перегорит быстрее. Асбест непрозрачен для излучения.

Так же и в случае облака. Только роль асбеста здесь играют достаточно плотные наружные слои. А внутри облака — горячее ядро — протозвезда. Но она еще находится внутри родительского облака. Если провести здесь аналогию с живой материей, то протозвезду можно сравнить с клеточным ядром, окруженным протоплазмой.

Какова может быть величина протозвезды или прото-

Солнца? Мы говорили о том, что начальные размеры сжимающегося облака велики. Но когда наступило время формирования прото-Солнца, ядра нашей Солнечной системы, облако занимало место протяженностью «всего» до орбиты Плутона.

А затем начали происходить удивительные вещи. Лишь за 10 лет прото-Солнце сжалось до орбиты Меркурия, то есть примерно в сто раз. Именно тогда оно и стало непрозрачным к собственному излучению. Энергия сжатия оказалась «запертой» внутри прото-Солнца, и в его жизни наступила знаменитая «стадия Хаяши» — этап развития протозвезд, получивший свое название в честь известного японского астрофизика С. Хаяши.

Поскольку сброс энергии, которая выделяется при сжатии, из-за непрозрачности затруднен, сжатие резко замедлялось. Но энергию-то сбрасывать все-таки надо. Так вот, Хаяши и показал, что в этой стадии сжатия энергия сбрасывается при помощи конвекции. Да, да, той самой конвекции, которую мы каждый день видим, когда кастрюля с водой или чайник стоят на плите и более горячие слои воды поднимаются снизу вверх. И в нашем случае внутренние, более горячие участки протозвезды начинают перемещаться наверх, а на их место стремится газ из наружных, более холодных районов. В это время температура протозвезды достигает нескольких тысяч градусов.

Понятно, что такой процесс, как конвекция, не может сразу охватить все прото-Солнце: она развивается постепенно даже в таком небольшом объеме, как чайник. Что здесь говорить о прото-Солнце! Но когда вся протозвезда вовлекается в этот процесс, энергия сжатия получает возможность «выйти наружу» и переизлучиться в мировое пространство. Поэтому-то развитие конвекции внутри прото-Солнца сопровождается короткой вспышкой светимости.

Уже после этого продолжается медленное сжатие охваченной конвекцией протозвезды. Радиус ее медленно уменьшается, неуклонно стремясь к сегодняшнему значению радиуса Солнца. Ну а поскольку температура поверхностных слоев протозвезды постоянна, то светимость ее будет падать. Эта стадия, как показывают расчеты, занимает уже десятки миллионов лет.

Наконец сжатие прекращается и прото-Солнце становится стабильной, обычной звездой, Солнцем, таким, каким мы его видим сегодня. Как говорят астрономы,

оно садится на «главную последовательность» — столбовую дорогу жизни большинства звезд. Желтый карлик родился.

То, что происходило в природе в течение миллионов лет, я попытался изложить на нескольких страницах. Конечно, такой спринтерский темп заставлял опускать многие важные вещи. Здесь уж ничего не сделаешь. Важно то, что для современной физики возможно иногда почти, а иногда совершенно точно указать, что происходило во Вселенной за сотни тысяч световых лет от нас, что происходило миллиарды лет тому назад, что произойдет через миллиарды лет.

Итак, картина рождения Солнца, пусть несколько схематичная, нарисована. Но ведь это теория, и все то, о чем мы сейчас говорили, базировалось на оценках, приведенных, в частности, в замечательной книге советского астрофизика И. Шкловского «Звезды, их рождение, жизнь и смерть». А соответствуют ли эти оценки действительности? Можно ли наблюдать все эти процессы, эти вспышки «закипающих» звезд в Галактике? Да. Астрономам известны звезды на небе, хаотически меняющие свой блеск, а это как раз и может свидетельствовать о том, что их атмосферы находятся в бурной конвективной стадии. Звезды эти получили название «звезд типа Т Тельца». Таким образом, у нас есть все основания считать, что этот «сценарий» рождения Солнца действительно имел место около 5 миллиардов лет тому назад.

Читателям, которые захотят более подробно узнать о рождении звезд и посерьезнее познакомиться с астрофизикой, я посоветую обратиться к упомянутой уже книге И. Шкловского.

Было бы несправедливо не сказать об альтернативной точке зрения по поводу рождения звезд. Ее автор — известный советский астрофизик академик В. Амбарцумян. Он считает, что во Вселенной существуют сверхплотные образования — Д-тела. Природа этих тел неизвестна. Астрономы их не наблюдали. Так вот, при распаде этих Д-тел и рождаются звезды. Гипотеза В. Амбарцумяна не имеет большого числа сторонников. Но следует помнить о том, что он не раз оказывался прав, вступая в спор с устоявшимися концепциями.

Итак, все вспышки и катаклизмы завершены. Солнце стало стабильно, и стабильно оно уже в течение почти 5 миллиардов лет. А откуда мы знаем об этом? Прежде

всего у нас есть такой чувствительный «индикатор», как живые организмы на Земле. Из палеологических данных известно, что жизнь на Земле существовала три с половиной миллиарда лет тому назад. А должно было уйти время еще и на возникновение этой жизни. Но если она уже существовала три с половиной миллиарда лет тому назад, то на ее зарождение остается не более миллиарда лет, поскольку возраст Земли около 4,5 миллиарда лет.

Отсюда следует, что если бы светимость Солнца уменьшилась, скажем, в несколько раз, то на Земле не могла бы зародиться жизнь, так как на поверхности нашей планеты из-за сильного холода не было бы жидкой воды. А если бы Солнце было заметно горячей, то мы бы имели сегодня Землю, похожую на Венеру, где ни о какой жизни не может быть и речи. Поэтому если Солнце и могло менять свою светимость за такой большой промежуток времени, как 5 миллиардов лет, то можно говорить лишь о незначительных изменениях, порядка нескольких процентов, не более. Вот тут-то мы и подходим к очень интересному, важному и отнюдь не простому вопросу: почему, собственно говоря, Солнце светит, светит долго с удивительным постоянством? Откуда берется такое гигантское количество энергии?

Замечательную, немного грустную историю об одном известном человеке, решившем эту загадку, рассказал лауреат Нобелевской премии Р. Фейнман. Этот человек (мы будем о нем еще говорить) отправился поздно вечером гулять с девушкой. А накануне он понял, что заставляет светить звезды. Влюбленные всегда говорят или о погоде, или о красотах ночного неба. «Посмотри, как чудесно сияют звезды», — сказала она. «Да, чудесно. А ведь сегодня я — единственный в мире человек, который знает, почему они сияют», — ответил он. Она лишь рассмеялась. «Что ж, как это ни печально, быть одиноким, непонятым — в порядке вещей», — меланхолически заканчивает Р. Фейнман свой рассказ.

Но посмотрим, что думали об этом ученые до исторической прогулки с недоверчивой девушкой. Солнце светит потому, что на него падают кометы, считал великий Ньютон. Правда, его натуре не была свойственна категоричность, а количественных оценок этого «факта» в его работах мы не найдем.

Первый, кто попытался с чисто научных позиций проанализировать этот вопрос, был немецкий врач Ю. Майер. Имя его навсегда сохранилось для человечества

отнюдь не из-за его успехов в медицине. Он обессмертил себя, открыв в 1842 году закон сохранения энергии. (Кстати, в этом же году произошло полное солнечное затмение, принесшее астрономам массу новой информации о Солнце.) Установив закон сохранения энергии для земных явлений, Майер задался таким вопросом. Если на Земле непрерывно происходят превращения одних форм энергии в другие, то любой достаточно серьезный анализ проблемы неуничтожимости энергии с неизбежностью ставит задачу: где источник солнечного излучения? Как может Солнце излучать огромное количество энергии со столь завидным постоянством?

Решая эту головоломку, Майер пришел к неожиданному и интересному выводу. Он предположил, что излучение Солнца, его тепло обеспечивается кинетической энергией падающих на Солнце метеоритов (Ньютон говорил о кометах). Ведь приходят же на Землю метеорные тела из космического пространства, так почему бы им не падать на Солнце?

Однако очень скоро выяснилось, что Майер ошибся. Когда ученые попытались оценить, сколько же вещества нужно «добавлять» к Солнцу, чтобы поддерживать его излучение, они получили цифру, составляющую одну тридцатимиллионную долю массы Солнца. Именно такое количество метеорных тел должно было бы ежегодно бомбардировать Солнце, чтобы обеспечить постоянство его излучения.

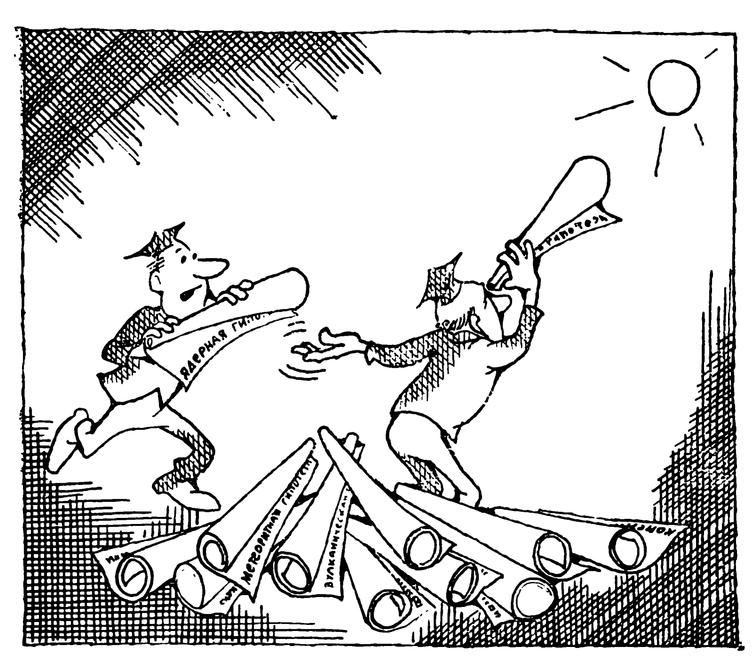
На первый взгляд эта цифра кажется небольшой. Ну, подумаешь, каждый год на Солнце выпадает масса метеоров, общим весом примерно равных Марсу. Но тут свое слово сказали специалисты по небесной механике. Они вычислили, что даже столь незначительное увеличение массы нашей звезды привело бы к изменению продолжительности земного года — он стал бы ежегодно укорачиваться на две секунды. Именно этот факт явился смертельным ударом по гипотезе Майера: ведь и в тысячи раз меньшая величина давным-давно была бы замечена при наблюдениях.

Кроме того, давайте воспользуемся таблицей умножения и посмотрим, что получится, если умножить возраст Земли (4,5 миллиарда лет) на те самые две секунды ежегодного уменьшения года. Другими словами, посмотрим, чему был равен год в начале жизни Земли, если бы Майер оказался прав. Мы получим совершенно абсурдную цифру: Земля должна была бы крутиться во-

круг Солнца очень медленно, год продолжался бы... более сотни нынешних земных лет. Вот поэтому пришлось искать другие пути решения вопроса о постоянстве светимости Солнца.

Два выдающихся физика — Г. Гельмгольц и Д. Томсон (лорд Кельвин) — в конце XIX века предположили, что Солнце сжимается, уменьшая свой радиус на несколько десятков метров ежегодно, под воздействием собственной гравитации. За счет этого выделяется тепловая энергия, которая и поддерживает постоянную светимость Солнца. Но и эта гипотеза оказалась несостоятельной, несмотря на ее привлекательность и в общем-то физическую обоснованность. Как это нередко бывает в физике, «контракционная» гипотеза во много опередила свое время. Она правильно могла бы обрисовать начальные стадии эволюции звезды, но оказалась неприемлемой для объяснения светимости стабильного Солнца. И действительно, точные расчеты показали, что, используя механизм Гельмгольца — Кельвина, Солнце могло бы светить не более 30 миллионов лет. А нам нужны миллиарды. Разница, как мы видим, немалая.

Но если ни гравитационная, ни кинетическая энер-



гии не могут обеспечить нормальной работы нашего светила в течение миллиардов лет, то что же тогда?

Выдающийся астроном Д. Джинс предположил, что источником энергии Солнца является его радиоактивность. Это уже было, как говорится в детской игре, «теплее». Именно «теплее», потому что Джинс тоже был далек от истины. Сейчас любой студент, а может быть, даже и школьник, сумел бы доказать, что энергия радиоактивного распада никогда не сможет обеспечить светимость звезды. И тем не менее Джинс находился рядом с решением вопроса. Все дело действительно было в ядерных процессах.

А. Эддингтон понимал, что в Солнце должен работать самостоятельный источник энергии, и правильно назвал его. Этот источник — энергия атомного ядра. Однако естественно, что в то время Эддингтон не мог указать конкретные механизмы ядерных реакций.

А. Эддингтон и без того достаточно натерпелся от своих земляков — именитых английских физиков и астрономов. Его идеи были почти всегда столь неожиданными и экстравагантными, что немедленно вызывали бунт коллег и ставились под сомнение, хотя именно Эддингтона следует считать одним из пионеров и создателей новой науки — астрофизики. Но это мы знаем сейчас... В те же времена многие просто-напросто смеялись над Эддингтоном. Он, разумеется, не оставался в долгу. И когда ему говорили, что недра звезд недостаточно горячи, чтобы там могли идти ядерные реакции, он с раздражением советовал своим оппонентам отправиться поискать местечко погорячее, чем внутренность звезды, имея в виду ад.

Среди оппонентов Эддингтона были директор Кавендишской лаборатории, знаменитый физик Д. Томсон, открывший существование электрона, Джинс и другие. Просто дело было в том, как утверждает крупнейший астрофизик Ф. Хойл, что великий Джинс почему-то всегда оказывался не прав, а Эддингтон — прав. Этот «одинокий и непонятый» Эддингтон был гениален и как физик, и как личность. Блистательно владея математическим аппаратом, он с известной мерой брезгливости относился к приближенным вычислениям, всегда стремясь получить точную формулу. Мысль его работала столь четко и ясно, что когда он написал книгу с изложением основ теории относительности, то Эйнштейн в шутку сказал: «Я стал лучше понимать собственную

теорию, прочтя книгу Эддингтона». Но ведь в каждой шутке есть доля правды.

Полемика между Эддингтоном и Джинсом развлекала и удивляла ученых в течение многих лет, и лишь в 1939 году американский физик, лауреат Нобелевской премии Г. Бете сумел построить количественную теорию, объясняющую ядерные процессы в звездах. Был наконец перекинут мост между микро- и макромиром и показано, что звезды суть не что иное, как гигантские термоядерные реакторы.

Прежде чем подробно обсудить эту увлекательнейшую тему, вернемся на время к известным законам физики. Это поможет нам лучше понять, почему лишь термоядерные реакции обеспечивают постоянную светимость Солнца и почему именно благодаря им существует на Земле все живое.

В своем изучении биографии нашей звезды — Солнца — мы остановились на том, что оно стало стабильной звездой, вступило в стадию спокойной (конечно, относительно, как мы потом увидим) жизни. Что же представляет собой Солнце сегодня?

Протозвезда стала звездой. Перед нами желтый карлик. Вес его весьма солиден: если бы мы на одну чашу весов положили Солнце, то, чтобы его уравновесить, на другую чашу пришлось бы положить более трехсот тысяч таких планет, как Земля или Венера. Размеры нашего карлика тоже изрядны. Его объем более чем в миллион раз превышает объем Земли.

Солнце излучает огромное количество тепловой энергии. Чтобы представить себе количество этой энергии, приводят обычно следующий пример. Если бы нам удалось мгновенно обложить все Солнце слоем льда толщиной 12 метров, то уже через минуту он бы растаял. А если от Земли к Солнцу перебросить цилиндр из льда диаметром в 3 километра, а потом все излучение Солнца «вогнать» в этот цилиндр, то через 9 секунд эта ледяная колонна превратилась бы в пар. Полная энергия, выделяющаяся при делении килограмма урана-235, около 20 миллиардов килокалорий. Так вот, Солнце ежесекундно излучает энергии в тысячи миллиардов раз больше, чем при ядерном взрыве килограмма урана-235.

А что же такое Солнце с точки зрения физика? Ответ прост, хотя и не сразу очевиден. Солнце — раскаленный газовый шар. Почему газовый? Давайте-ка раз-

делим массу Солнца на его объем, чтобы узнать плотность нашей звезды. Мы тогда получим цифру 1,4 грамма в кубическом сантиметре, то есть побольше, чем плотность воды. О каком газе может идти речь? К тому же это средняя плотность, а ведь в центре Солнца плотности должны быть куда больше, чем полученная цифра.

Все дело в том, что температуры в недрах Солнца огромны — более десяти миллионов градусов, и при таких температурах ни жидкая, ни твердая фазы вещества существовать не могут. И тогда Солнце действительно газовый шар. А что это означает для физика? Да то, что он для описания «поведения» Солнца может использовать, в частности, простейшую формулу, известную из школьного курса физики под названием формулы Клайперона. Она устанавливает связь между температурой, давлением, плотностью и молекулярным весом определенного объема газа.

Но неужели все так просто и жизнь Солнца физик опишет только законом поведения идеального газа? Ведь если бы действовал только этот физический закон, Солнце очень быстро рассеялось бы в космическом пространстве?

Все мы знаем, что, прежде чем выйти из корабля в открытый космос, космонавту нужно пройти шлюзовую камеру. Это необходимо для предотвращения разгерметизации корабля. Если нарушена герметизация, в кабине корабля установится космический вакуум. Ведь давление газа в окружающем космическом пространстве ничтожно, а внутри корабля велико. Вот газ и стремится выйти наружу. То же происходит, когда разгерметизируется кабина самолета. К счастью, это бывает редко. Но когда случается, жизни пассажиров угрожает опасность, так как они сразу вынуждены дышать воздухом на высоте большей, чем Эверест.

Так в чем секрет? Почему наш огромный раскаленный газовый шар не рассеялся в космическом пространстве? Ведь газ в недрах Солнца находится под чудовищным давлением, а вне Солнца — пустота, глубокий вакуум. Дело в том, что благодаря своей огромной массе Солнце сжато силами гравитации, и именно эти силы препятствуют тепловому разлету его вещества в космос.

В наружных слоях Солнца тепловая скорость частиц газа порядка 10 километров в секунду. И не будь грави-

тации, уже за 10 дней радиус Солнца увеличился бы в 10 раз.

Точно так же как на Земле каждый человек чувствует свой вес, так и на Солнце каждая частичка «знает», что ей никогда не вырваться из гравитационного плена нашей звезды. Вот причина равновесия Солнца. Высокие температуры газа препятствуют силам гравитации совершить катастрофу и заставить сжаться наше Солнце, а гравитация, со своей стороны, «дисциплинирует» Солнце, заставляя его находиться в определенных «рамках».

Все просто и хорошо: мы с вами выяснили, какие силы управляют Солнцем, и, наверное, у многих читателей сложилось впечатление, что Эддингтон был прав, когда говорил: «Нет ничего проще, чем звезда». Быть может, у некоторых появилось даже легкое чувство обманутых надежд: а где же обещанные тайны, проблемы, загадки? Будут и тайны и загадки. Они впереди. И нам еще придется вспомнить, что сказал Фейнман о состоянии дел в современной физике.

Повнимательнее вглядимся в источник светимости Солнца — термоядерные реакции. Сначала решим простой вопрос. Ведь если идет термоядерная реакция (неважно, по какому конкретному механизму), она резко повышает температуру вещества. Это, в свою очередь, должно обязательно повысить скорость процессов, что чревато для звезды весьма опасной возможностью: уподобиться огромной водородной бомбе, в которой термоядерная реакция носит характер взрыва.

Но Солнце светит стабильно, как будто бы не взрывается, и, следовательно, внутри нашей звезды есть механизмы, регулирующие скорость термоядерного синтеза. Что же это за механизмы? Да в общем-то опять школьная физика, все та же формула Клайперона. По этой формуле, если повысить температуру объема газа, немедленно произойдет его расширение, отчего газ тут же охладится. Вот поэтому в Солнце существует жесткий механизм обратной связи, и термоядерные реакции не могут идти в недрах Солнца с произвольной скоростью. Их скорость полностью определяется самой структурой Солнца.

Каковы эти реакции? Главным образом те же, что вызывают взрыв водородной бомбы, — слияние четырех ядер водорода — протонов через ряд промежуточных реакций в ядро атома гелия. Это так называемый протон-

протонный цикл. Ядро атома гелия весит чуть меньше, чем четыре протона, и в соответствии со знаменитой формулой Эйнштейна $E=mc^2$ эта разница в массе переходит в энергию, которая и идет на разогрев вещества.

Существует еще один тип ядерных реакций, играющий роль в энергетике Солнца, — это углеродно-азотно-кислородный цикл (C,N,O-цикл), причем его конечный результат, так же как и в протон-протонном цикле, — образование атома гелия из четырех ядер атома водорода.

Здесь происходят очень интересные вещи. Все начинается с того, что ядро углерода захватывает протон — ядро атома водорода — и превращается в радиоактивный азот, который, распадаясь, дает более тяжелый изотоп углерода. Этот изотоп тоже захватывает протон и превращается в обычный азот. Но и азот стремится захватить ядро водорода, тем более что недостатка в водороде внутри Солнца нет. Поглотив протон, ядро азота превращается в радиоактивный кислород, а тот, распадаясь, — в стабильный изотоп азот-15. Азот-15 опять захватывает протон. Но даже в недрах Солнца жадность наказуема: распухшее ядро азота-15 с лишним протоном не в состоянии удержать захваченное и распадается на исходное ядро атома углерода-12 и ядро атома гелия.

В результате начавшее всю цепочку захвата ядро углерода-12 осталось «при своем интересе» и вышло из игры, а из четырех захваченных ядер водорода образовалось ядро гелия. Снова работает соотношение $E=mc^2$, и разность масс между четырьмя протонами и ядром гелия превращается в энергию.

В отличие от первого механизма в различных этапах реакций C,N,O-цикла участвуют атомы углерода, кислорода и азота. Именно поэтому его и назвали C,N,O-цикл. Но если за счет протон-протонного процесса Солнце получает 98 процентов своей энергии, то за счет углеродно-азотно-кислородного процесса только два процента.

Ядерные реакции могут идти не только в недрах Солнца, где высокие температуры обеспечивают их течение. Они могут происходить и в атмосфере Солнца, за счет ускорения заряженных частиц до высоких энергий. Но об этом мы поговорим позже. Сейчас же отметим один принципиальный факт, который, скажем прямо,

уже долгое время не дает покоя астрофизикам. Дело в том, что при всех ядерных реакциях, о которых мы говорили, образуются (кроме всего прочего) нейтрино — элементарные частицы, представители микромира с удивительными свойствами. И сейчас нам нужно будет поговорить о трех тесно связанных между собой областях человеческой деятельности — гениальном теоретическом предвидении, внутреннем строении Солнца и... бытовой химии.

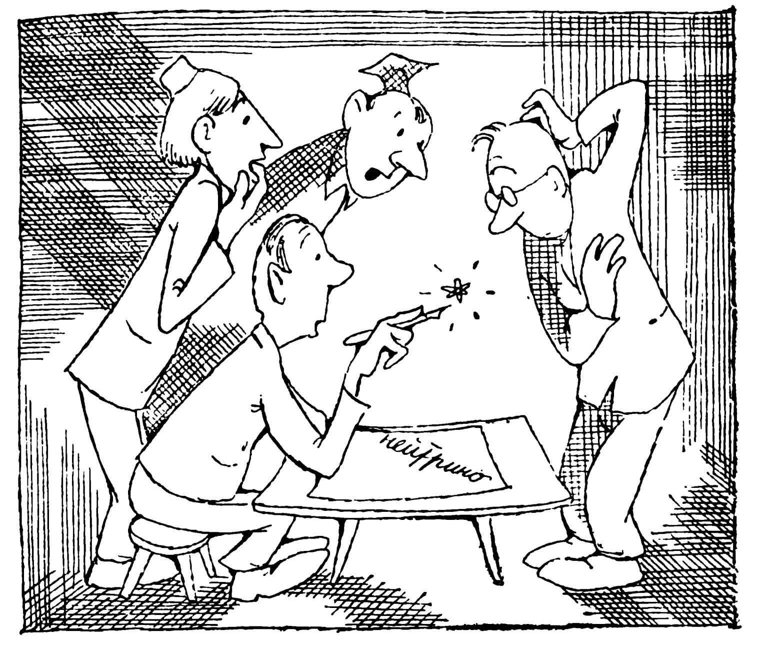
Загадка солнечных нейтрино

Все началось очень просто. В начале 20-х годов нынешнего столетия в легендарный институт Н. Бора в Копенгагене приехал склонный к полноте молодой человек по имени В. Паули. В здании института царила сугубо неофициальная обстановка. Жена Бора угощала студентов бутербродами, они играли днем в пинг-понг, по институту сновали сыновья Бора. Бор страшно любил ковбойские фильмы и часто ходил со студентами в кино. Днем времени на работу у учеников Н. Бора оставалось немного, и работали они главным образом по ночам.

Это была счастливая эра физики, когда основы современной науки закладывали совсем молодые люди в возрасте между двадцатью и тридцатью годами. Сам Бор на семинарах никого не критиковал, но его студентов нельзя было назвать застенчивыми людьми, они не стеснялись сказать друг другу: «Вы не правы», когда кому-нибудь казалось, что он заметил ошибку. Вот в такую обстановку окунулся сын венского профессора биологии В. Паули.

О Паули ходит много легенд и анекдотов. Свой отнюдь не ангельский характер он проявил еще в Мюнхенском университете, где Эйнштейн читал лекцию по теории относительности. После лекции 18-летний Паули поднял руку и, когда ему предоставили слово, глубокомысленно заявил: «А знаете, то, что рассказывал нам господин Эйнштейн, вовсе не так уж глупо...»

Да, этот молодой человек был лишен чувства ложной скромности. У него был острый и злой язык. Но единственное, что его оправдывало, абсолютная научная честность и требовательность по самым высоким меркам к своим научным работам. О характере Паули свидетельствует еще один случай. На одной научной конференции молодого ученого представили известному



физику П. Эренфесту из Лейденского университета. Как обычно, Паули начал беседу с очередной грубости. «Ваши научные работы нравятся мне намного больше, чем вы сами», — сказал ему обиженный Эренфест. Что-что, а за словом в карман Паули не лез никогда. «Странно, — ответил он, — а мне как раз наоборот». Неудивительно, что его называли молодым человеком, вселяющим ужас. Правда, с Эренфестом они впоследствии подружились.

Самому Бору Паули кричал: «Замолчите! Не стройте из себя дурака...» — «Но, Паули, послушайте...» — робко возражал Бор. «Нет, нет. Это чушь. Не буду больше слушать ни слова». И все же, несмотря на подобного рода выходки, Паули пользовался непререкаемым авторитетом в среде физиков-теоретиков.

К экспериментаторам он относился с пренебрежением, иногда просто не замечал их. Он панически боялся всякого, даже сравнительно простого технического устройства. И нужно сказать, что приборы тоже боялись Паули. В его присутствии они просто отказывались работать. Это явление получило название «эффекта Паули».

Однажды в Геттингенском университете взорвалась по неизвестной причине вакуумная установка. Причину взрыва перестали искать, когда выяснилось, что перед самым взрывом на Геттингенский вокзал прибыл поезд, в котором находился Паули...

Несколько молодых итальянцев-физиков решили подшутить над ним. Они подвесили к потолку люстру, присоединив ее к входной двери системой блоков таким образом, чтобы, когда Паули откроет дверь в помещение, люстра с грохотом обрушилась. Но «эффект Паули» был, по-видимому, неким общим явлением природы. Ученый спокойно вошел в комнату, а устройство итальянских физиков не сработало: люстра не упала. Паули весело сообщил им, что они прекрасно продемонстрировали известный эффект.

Работая в Копенгагене, Паули открыл одно из самых важных правил квантовой механики, знаменитый «принцип запрета», за который получил Нобелевскую премию по физике. О значении этого принципа говорит тот факт, что, используя его, Паули сумел вывести все химические свойства элементов. Этот принцип в силу его универсальности имеет огромное значение и для астрофизики. Принцип очень прост: в любой системе элементарных частиц не может быть двух частиц, движущихся абсолютно одинаково. О принципе запрета мы будем еще говорить позже, а сейчас мне хочется сказать, что немногим даже выдающимся физикам удается «на кончике пера» открывать новые законы природы. Паули был именно таким человеком. Принцип Паули является одним из краеугольных камней современной физики.

Но Паули знаменит еще и тем, что предсказал существование нейтрино, быть может, одной из самых удивительных элементарных частиц. Сделано это было в 1931 году, и лишь через 25 лет удалось в лабораторном эксперименте подтвердить реальность существования таинственных частиц.

Нейтрино — частица с замечательными свойствами, а в последние годы интерес к ней вспыхнул с новой силой. Во-первых, нейтрино почти не взаимодействует с веществом. Ясное дело, что самое важное здесь слово «почти», поскольку, если бы нейтрино совсем не взаимодействовали с веществом, их вовсе нельзя было бы обнаружить.

Почему этот факт важен для изучения Солнца? Де-

ло в том, что внутренние, центральные части Солнца непрозрачны к излучению, и кванты света, блуждая там, лишь через миллионы лет выходят наружу. «Поймав» на Земле такие кванты, мы становимся самыми настоящими путешественниками во времени, наблюдая фотоны с возрастом порядка десятка миллионов лет.

Другое дело нейтрино. Солнце для этой частицы не препятствие. Родившись, они мгновенно покидают Солнце, и, сосчитав поток солнечных нейтрино, можно было бы оценить, какие ядерные реакции и с какой эффективностью происходят в недрах нашего светила. Ведь нейтрино образуются и в протон-протонном, и в углерод-азотно-кислородном цикле.

Согласно теоретическим расчетам число солнечных нейтрино, попадающих на Землю, огромно. Каждую секунду один квадратный сантиметр земной поверхности бомбардирует сто миллиардов нейтрино. Но это даже не бомбардировка, нейтрино просто пронизывают Землю насквозь и уходят в космическое пространство.

Физики стали думать, как поймать нейтрино. В 1946 году академик Б. Понтекорво предложил идею нейтринной ловушки. Вкратце она состоит в следующем. Солнечное нейтрино с очень малой, но все-таки конечной вероятностью может провзаимодействовать с устойчивым изотопом хлора, хлором-37, в результате чего получится радиоактивный изотоп аргона, аргон-37, и электрон. Радиоактивный аргон можно было бы определить чувствительным радиохимическим методом.

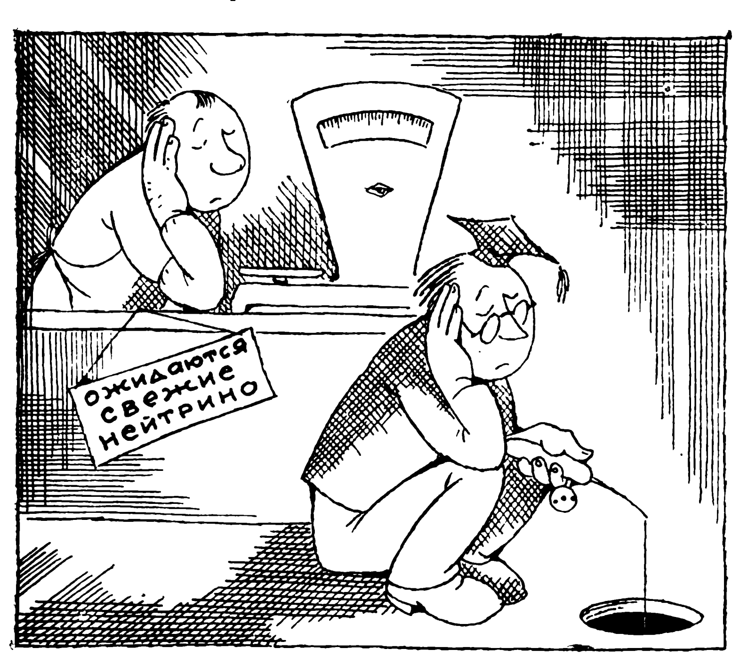
За решение этой задачи взялся известный американский физик-экспериментатор Р. Дэвис из Брукхэйвенской национальной лаборатории. Мне не хочется использовать банальную журналистскую фразу: «Перед ученым возникли значительные трудности». Эта фраза попросту ничего не отражает. И в самом деле, уникальная установка Дэвиса — своеобразный рекорд современной экспериментальной физики.

То, что вероятность взаимодействия нейтрино с атомом хлора-37 ничтожно мала, ясно. То, что поэтому детектор нейтрино должен содержать много хлора, тоже ясно. Но как много? Трудно себе представить, но Дэвис и его сотрудники наполнили емкость объемом с 25-метровый плавательный бассейн жидкостью для химической чистки одежды, четыреххлористым углеродом, содержащим хлор-37. Казалось, вопрос с детектором нейтрино решен. И все-таки оставалось преодолеть еще од-

ну трудность. Дело в том, что космические лучи, попадая в этот детектор, тоже приводили к появлению аргона-37. От них надо было избавиться, и огромный детектор Дэвиса поместили в старой шахте, пробитой в скале на глубине полутора километров под Землей.

Невероятная чувствительность этой установки позволяла выуживать из емкости в 400 кубометров буквально считанные атомы аргона-37. Ведь его период полураспада 35 дней, и поэтому накапливать его можно было только до определенного предела. Дальше уже шла процедура химчистки, но не одежды, а аргона-37, который затем и предъявлялся как доказательство существования солнечных нейтрино.

И физики стали ждать результатов. Детектор Дэвиса имел хороший запас чувствительности по отношению к потоку солнечных нейтрино, даже для «минимальной модели» термоядерных процессов в недрах Солнца. Казалось, вот-вот появятся первые результаты. Но в течение многих лет гигантская установка Дэвиса не могла обнаружить солнечные нейтрино. Правда, в самое последнее время Дэвису удалось поймать таинственные частицы. Но все равно их число было намного меньше,



чем предсказывали теоретические расчеты. Что же здесь могло быть неверным? Были тщательно перепроверены все теоретические оценки, вновь откалибрована установка, результаты оставались прежними.

В фундаменте физики Солнца возникла первая опасная трещина. Более того, как считают некоторые астрофизики, сейчас зарождается кризис доверия к основополагающим теориям строения и эволюции звезд. Отрицательный результат опытов Дэвиса поставил под угрозу казавшиеся до сих пор неуязвимыми теоретические построения. Этот результат требовал объяснения, и, конечно, теоретики взялись за работу.

Один крупный советский физик сказал, что все физики делятся на три категории: теоретики, экспериментаторы и интерпретаторы, то есть люди, которые могут и умеют лишь интерпретировать результаты чужих экспериментов на основании чужих теорий. В случае с детектором Дэвиса огромная армия теоретиков превратилась в интерпретаторов. Еще бы, кому приятно, когда рубят сук, на котором сидишь. А Дэвис подрубил сук, на котором сидело немало крупных астрофизиков. Понятно, что все они предпринимали попытки исправить ситуацию, которая стала, скажем прямо, угрожающей.

Для решения проблемы нейтрино привлекались самые неожиданные идеи. Некоторые предположения были вызваны отчаянием и беспомощностью.

Приведем лишь один пример. В «Астрофизическом журнале» в 1975 году появилась статья, в которой высказывается предположение, что в центре Солнца находится небольшая черная дыра с массой, примерно равной массе Земли, и радиусом несколько сантиметров. Такая черная дыра сумела бы обеспечить около половины наблюдаемой светимости Солнца. Остальное — за счет протон-протонного цикла. В этом случае Дэвис не смог бы «выудить» из своего бассейна с жидкостью для химчистки необходимого количества нейтрино.

Известный астрофизик В. Фаулер предположил, что скорость ядерных реакций в центре Солнца временно уменьшилась. Значит, и уменьшился поток нейтрино, и именно эту ситуацию мы видим сейчас. Но наружные слои Солнца еще «не знают» того, что произошло в центре. Ведь лучу света нужно десяток миллионов лет, чтобы достигнуть наружных слоев нашей звезды. Вскоре все должно прийти в норму, примерно через десять

миллионов лет поверхности Солнца достигнет «неполноценный» поток фотонов, рожденный в период спада термоядерной активности солнечного ядра. Светимость Солнца несколько уменьшится, на Земле наступит ледниковый период.

На самом деле все эти цифры не очень точные, но, конечно, очень интересен тот факт, что периоды оледенения Земли совпадают с вариациями светимости, теоретически рассчитанными на основе идеи Фаулера. Тем не менее окончательных подтверждений этой идеи нет.

В общем, недостатка в гипотезах не было. Более того, некоторые теоретики готовы были отказаться от общей теории относительности, чтобы объяснить отрицательные результаты Дэвиса. Цена, как мы видим, немалая. Однако отказ от общей теории относительности повлек бы за собой и другие следствия, которые можно было бы наблюдать. В частности, Солнце должно было быть сплюснутым. Но проверки, проведенные на новых телескопах, не подтвердили этого. Общая теория относительности Эйнштейна (ОТО, как ее еще называют) осталась непоколебимой, и результаты Дэвиса не объясненными.

Как пишет специалист по физике Солнца Р. Нойс из Гарварда, «никакого решения проблемы солнечных нейтрино не видно». А один из ведущих современных астрофизиков, А. Камерон, прямо говорит, что именно проблема нейтрино служит предостережением о необходимости соблюдать осторожность, утверждая, что мы уже разобрались в природе недр Солнца и других звезд.

Но гипотезы гипотезами, а Солнце упрямо светит каждый день в течение многих миллиардов лет, светит, давая жизнь Земле, светит, определяя климат планет и само их существование. И в общем-то у нас нет сейчас никаких сомнений в том, что желтый карлик питается энергией термоядерного синтеза. Его вкусы постоянны, и он не балует себя разнообразием в пище. Вопрос в том, на какое время хватит ему этой пищи. Ведь в мире нет ничего вечного, и когда-нибудь он начнет испытывать водородный голод, ведь водород-то все время превращается в гелий. Что же тогда случится с нашей звездой?

Эта тема ничуть не менее интересна, чем таинство рождения нашего светила. Но сначала о его внешнем облике.

До настоящего момента мы говорили главным образом о том, что происходит в недрах Солнца. Но с Земли-то можно наблюдать и наружные слои звезды, а эти наблюдения также принесли немало загадок и сюрпризов.

Итак, наружная часть Солнца, которая видна с Земли, называется фотосферой. Когда мы наблюдаем Солнце, то видим, что в центре оно ярче, а по краям заметно темнее. Это и понятно. Мы ведь наблюдаем диск Солнца. В центре лучи света идут с больших глубин, а по краям с меньших, температура которых пониже.

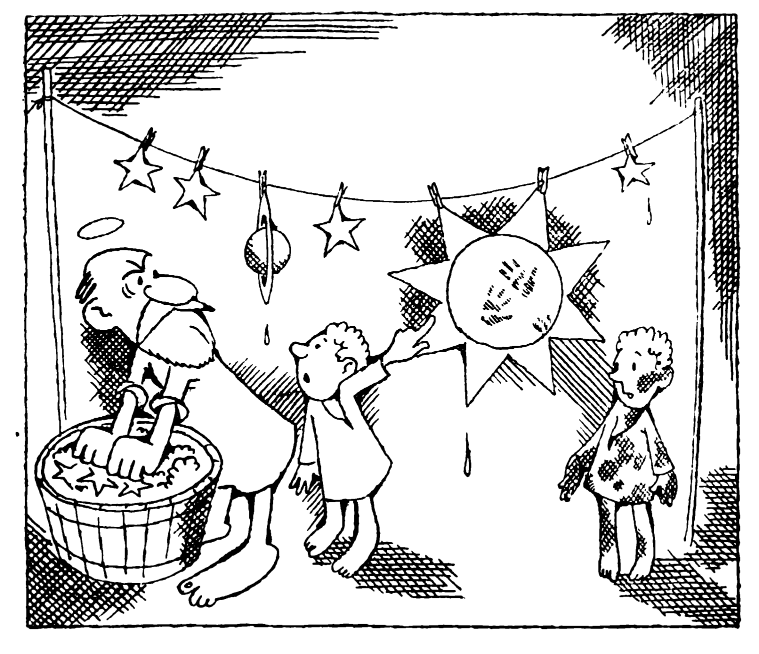
Фотосфера — чрезвычайно разреженный газ с плотностью, в сотни тысяч раз меньшей, чем плотность земной атмосферы у ее поверхности. Температура фотосферы порядка 6 тысяч градусов, и, конечно, это в тысячи раз меньше, чем в центре Солнца.

Под фотосферой расположена мощная зона конвекции глубиной во многие тысячи километров. Процессы, происходящие в этой зоне, вызывают ряд удивительных явлений на «поверхности» Солнца, хотя точности ради мы должны отметить, что, конечно же, никакой выраженной поверхности Солнце не имеет.

Так вот, видимая поверхность Солнца напоминает кипящую рисовую кашу. Иными словами, она имеет ячеистую или гранулированную структуру. Астрономы много раз фотографировали эти структуры, следствие кипения наружных слоев, и назвали их гранулами.

Что такое гранула? Это ячейка размером около тысячи километров и температурой градусов на 300 выше, чем средняя температура фотосферы, и поэтому на фотографии она видна как светлое пятно. Гранула — попросту облако газа, поднимающееся из-за конвекции из более горячих, нижних слоев наверх. Вся фотосфера покрыта светлыми гранулами, а между ними — темные участки: там более холодный газ опускается вниз. «Живут» гранулы недолго — около пяти минут. Почему именно пять минут? Этот вопрос долго не давал покоя теоретикам.

Оказалось, что наша звезда, а вернее, ее подфотосферная конвективная зона выносит наверх, кроме всего прочего, значительное количество энергии в виде акустических — звуковых — волн. Солнце непрерывно работает еще как огромный орган. Сложное взаимодей-



ствие звуковых волн и обеспечивает пятиминутную грануляцию фотосферы. Их роль на этом не ограничивается. Вдобавок ко всему они еще греют и хромосферу, которая расположена над фотосферой, и корону нашего светила.

О короне позже. Сначала о знаменитых пятнах на Солнце. Особенно крупные пятна людям удавалось заметить на поверхности Солнца еще до изобретения телескопа. Но, поскольку у Аристотеля о пятнах на Солнце ничего не говорилось, церковь относилась к этим сообщениям как к опасной крамоле. С появлением телескопа в начале XVII века церкви стало трудно спорить с очевидными фактами.

Первое публичное сообщение о пятнах было сделано в 1611 году И. Фабрициусом. Пятна наблюдал и Г. Галилей.

Интересно, что одна из первых публикаций о пятнах была сделана иезуитом А. Шейнером из Ингольштадта. Но чтобы сохранить догмы Аристотеля в неприкосновенности, он заявил, что пятна — маленькие, темные спутники Солнца.

Еще в XVIII веке считалось, что пятна — вершины

гор, возвышающиеся над морем огня. Великий астроном В. Гершель полагал, что Солнце имеет темную твердую поверхность с умеренной температурой. Более того, он считал, что на этой поверхности обитают живые существа. Уровень развития физики настолько отставал тогда от достижений астрономии, что идея о темном теле, ядре Солнца, была жива почти в течение всего XIX века.

Солнечные пятна дали очень много астрономам. Они, например, помогли выяснить тот факт, что Солнце вращается. Правда, вращается оно довольно медленно. Скорость на экваторе всего 2 километра в секунду. Интенсивное изучение пятен началось в первой половине XIX века усилиями отнюдь не профессионального астронома, а любителя, аптекаря из Дессау И. Швабе. И если сегодня никто не знает о качестве лекарств, которые он приготовлял по ночам (днем у него не было времени на занятия фармакологией), то Швабе обессмертил свое имя тем, что открыл одиннадцатилетний цикл появлений пятен на Солнце, и почти сразу же шотландец Д. Ламонт, К. Себайн из Англии и Р. Вольф в Берне установили, что магнитные явления на Земле, в частности магнитные бури, следуют довольно точно за изменением пятен на Солнце. Более того, появление отдельных больших пятен может вызывать магнитные бури и полярные сияния.

Пятна на Солнце огромны. Размеры некоторых из них превышают размеры земного шара. Они теснятся к экватору, избегая высоких широт Солнца. Замечательно то, что пятна нередко располагаются симметрично относительно солнечного экватора. Кроме того, их положение зависит от солнечной активности. Если построить диаграмму зависимости широты пятен от времени, то получаются фигуры, напоминающие бабочек. По имени астронома, изучавшего солнечные пятна, эти фигуры получили название бабочек Д. Маундера.

И все-таки, хотя пятна на Солнце наблюдать легче всего, даже сегодня трудно понять, что это такое. Ясно, что они темные, и значит, их температура ниже, чем температура окружающего газа. Ниже почти на две тысячи градусов. Сейчас стало понятным, что пятна связаны со сложными магнитными явлениями на Солнце. Но законченной теории пятен нет.

Внутри Солнца движется и вещество, и магнитные поля. Эти движения очень сложны, и одна из основных

задач физики Солнца состоит в том, чтобы разобраться, каким же образом движущееся вещество во внутренних слоях, взаимодействуя с магнитными полями с периодом в 22 года, меняет полярность магнитного поля Солнца (северный полюс становится южным). Есть и более непонятные вещи. Анализируя исторические хроники, ученые установили, что с 1645 по 1715 год циклов солнечной активности вообще не было. А с 1672 по 1704 год на северном полушарии Солнца и вовсе не было пятен. Солнце было чистым, таким, как и положено быть царственному светилу. Этот факт не имеет объяснения и по сегодняшний день.

Очень интересно, что как раз тогда в Европе, да и не только в Европе, а во всем северном полушарии Земли стояла очень холодная погода, и этот период времени получил название «малого ледникового периода». Связаны ли были явления на Солнце с изменением (хоть и кратковременным) климата Земли, тоже неясно.

Советский ученый А. Чижевский провел огромную работу, пытаясь установить зависимость между солнечной активностью и частотой различных эпидемий на Земле. Он обнаружил удивительные закономерности. Вспышки различных болезней очень точно «отслеживают» изменения в активности Солнца. Труды Чижевского не сразу получили признание, хотя и до него ученые замечали, что активность Солнца связана с различными явлениями на Земле. Свою замечательную книгу «Земное эхо солнечных бурь» он написал на французском языке и впервые издал в Париже. Интересно, что одним из первых смелые идеи Чижевского оценил К. Циолковский. Следует сказать о том, что Чижевский не считал солнечную активность прямой причиной вспышек эпидемий и заболеваний. Он полагал, что деятельность Солнца «лишь способствует» развитию болезней на Земле.

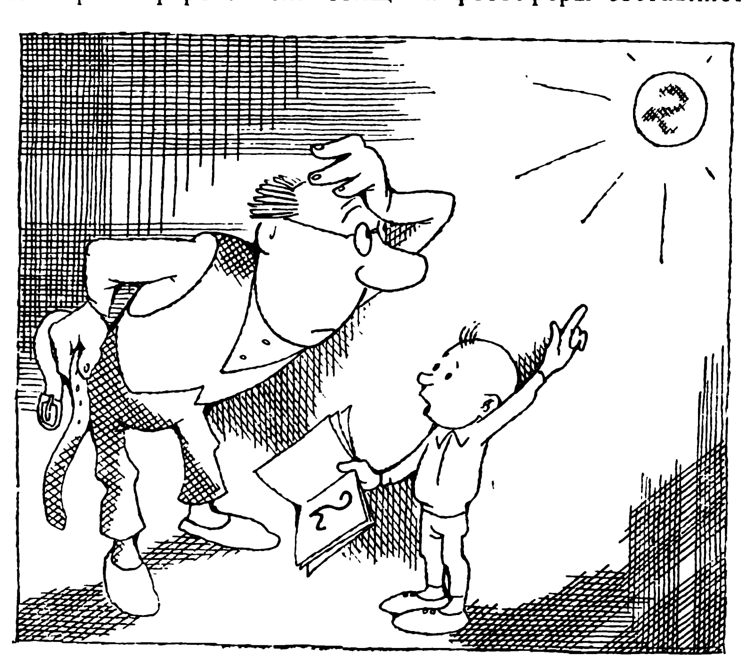
Одна из глав его книги называется очень образно: «Спазмы Земли в объятиях Солнца». В этой главе он приводит перечень явлений в органическом мире Земли, связанных с изменениями в солнечной активности. Интересно, что еще В. Гершель отметил в 1801 году зависимость урожая зерновых от числа солнечных пятен. Поскольку хлеб все-таки вещь более нужная, чем вино, то лишь в 1878 году удалось выяснить, что количество и качество производимого в Германии вина тоже таинственным образом связано с пятнами на Солнце. Да что

там вино! Чижевскому удалось установить, что от активности Солнца зависит частота несчастных случаев, преступлений, внезапных смертей, эпизоотии и падеж скота и целый ряд других явлений.

Чижевского можно с полным правом считать первым человеком, который перекинул мост между Солнцем и Землей. Его идеи оказались настолько плодотворными, что сейчас возникает новая отрасль науки — гелиобиология. У нас в Советском Союзе различными вопросами гелиобиологии занимаются в Крымской астрофизической обсерватории.

Сегодня, по-видимому, ясно, что люди с больным сердцем сильнее чувствуют изменения, происходящие на Солнце. Число сердечно-сосудистых заболеваний увеличивается с увеличением числа пятен на Солнце. Все это очень и очень интересно, но причин этой зависимости мы пока до конца не знаем. И тем не менее существование солнечно-земных связей можно считать очевидным.

Не только пятна появляются на видимой поверхности нашего светила. Над фотосферой располагается еще более разреженная и еще более горячая область, называемая хромосферой. Если толщина фотосферы составляет



всего около 500 километров, то хромосфера простирается на расстояние около 2500 километров. И опять с участием магнитных полей Солнца в хромосфере происходят чудовищные взрывные процессы — вспышки. Они продолжаются так долго, что по земным меркам их даже трудно назвать взрывами. И тем не менее это настоящие взрывы: температура газа в верхней части хромосферы повышается до десяти миллионов градусов.

Взрыв длится от нескольких минут до нескольких часов. Огромные массы вещества выбрасываются из хромосферы Солнца — это изверженные протуберанцы. Трудно представить себе масштаб такого явления. В 1928 году наблюдался протуберанец высотой в 900 тысяч километров.

Взрывные протуберанцы зарождаются вблизи солнечных пятен. Но есть еще и спокойные протуберанцы— огромные «облака», плавающие над хромосферой и соединенные с нею как бы отдельными щупальцами. Эти протуберанцы имеют также немалые размеры — до 600 тысяч километров в длину. О протуберанцах человечеству известно очень давно. В одной из древнерусских летописей, где было описано солнечное затмение 1 мая 1185 года, мы читаем: «...и в солнци учинися яко месяц, из рог его уголь жаров искажаше: страшно бе видети человеком знамение божие».

И снова, зная уже наверняка более тысячи лет явление вспышек на Солнце, сегодняшняя физика не в состоянии до конца объяснить все детали этого процесса. А ведь вспышки представляют интерес не только с точки зрения физики Солнца. Возмущения в ионосфере Земли: полярные сияния, перерывы в коротковолновой связи на Земле — связаны со вспышками. Сейчас многие ученые склоняются к тому, что хромосферные вспышки — сложное взаимодействие магнитных полей.

Много удивительного мы узнали о Солнце даже за такой короткий промежуток времени, как сотня лет. Ведь еще в 1835 году французский философ-позитивист О. Конт писал о небесных телах, что возможно определение их формы, расстояний до них, размеров, но невозможно определить температуру звезды, ее химический состав.

Минуло немногим более ста лет, мы знаем и температуру Солнца, и его химический состав. Более того, знаем температуру его недр, представляем достаточно хорошо

происходящие внутри нашей звезды процессы. С каждым годом Солнце все больше приоткрывает завесу своих тайн. И все-таки, мне кажется, я сумел убедить читателя в том, что еще не одно поколение физиков будет испытывать чувство неудовлетворенности из-за невозможности ответить на целый ряд вопросов о свойствах самой близкой к человеку звезды.

Но вернемся к «портрету» нашего желтого карлика. Как всякий истинный властелин (а Солнце — центральная фигура среди всех небесных тел, окружающих его), карлик имеет корону.

Корона хорошо видна невооруженным глазом во время солнечных затмений, и надо сказать, что даже простые фотографии короны производят сильное впечатление. Корона, самая внешняя часть «атмосферы» Солнца, состоит из чрезвычайно разреженного газа, нагретого до двух миллионов градусов.

Сразу же может возникнуть вполне естественный вопрос: почему температура фотосферы ниже температуры хромосферы и короны? Ответ состоит в том, что звуковые волны, голос Солнца, служат источником энергии, который нагревает корону. Именно поэтому во время затмения можно видеть яркий нимб, окружающий нашу звезду. Размеры короны солидны — несколько радиусов Солнца. Физику короны во многом определяют магнитные поля Солнца. Они образуют в короне «дыры» — области с пониженной температурой. Из дыр в короне с огромной скоростью истекает солнечный ветер — потоки заряженных частиц.

Когда-то, на заре своего рождения, Солнце было гораздо более неспокойным, чем сейчас, и существует точка зрения, согласно которой солнечный ветер был очень и очень интенсивным. Сейчас, в период своей зрелости, наше светило успокоилось, но все равно солнечный ветер и сегодня приносит нам уникальные научные данные, например о химическом составе Солнца. Ведь солнечный ветер облучает, скажем, поверхность Луны в течение миллиардов лет. Атомы самых различных элементов, из которых состоит солнечный ветер, а значит, и само Солнце, «вколачиваются» при столкновении в лунный грунт. Поэтому частички лунного грунта «помнят» химическую историю Солнца.

Когда американские космонавты высадились впервые на Луну, они оставили там на время кусочки золотой фольги. Солнечный ветер облучал фольгу, частицы Солн-

ца внедрялись в нее, и потом, когда фольга была доставлена на Землю, ученые сравнили химический состав сегодняшнего солнечного ветра и того, который дул миллиарды лет назад...

Итак, мы получили некоторое представление о том что представляет собой наше Солнце сегодня. Картина, согласитесь, совсем не простая. Загадок и нерешенных вопросов немало: пятна, вспышки, одиннадцатилетний цикл, воздействие на наше здоровье магнитных полей Солнца. Все это «горячие точки» в нынешней физике нашей звезды. И конечно, о Солнце известно далеко не все, но не будь Солнца, физики могли бы лишь строить догадки о процессах, протекающих в других звездах, удаленных от него на огромные расстояния. Нужно отдавать себе отчет в том, что именно изучение Солнца помогло науке разобраться в строении миллиардов солнц нашей Галактики и Вселенной.

Наш рассказ о биографии Солнца был бы неполным и незаконченным, если бы мы с вами не попытались заглянуть в будущее и посмотреть, что же произойдет с нашей звездой в дальнейшем. Давайте попытаемся предсказать судьбу нашей звезды. Состояние современной астрофизики вполне позволяет делать столь смелые шаги.

А что в будущем!

Итак, в течение примерно пяти миллиардов лет живет наше Солнце. А сколько же ему еще осталось? Ведь и Солнце начнет когда-нибудь стареть. Как это будет происходить?

Здесь нам с вами придется оперировать уже законами и понятиями посложнее, чем закон Клайперона, описывающий поведение идеального газа.

Для начала вернемся к протон-протонному циклу. Мы уже говорили о том, что водород в центральных частях Солнца потихонечку выгорает. Сегодняшние оценки говорят, что водородной пищи Солнцу хватит еще на несколько миллиардов лет. В течение всего этого огромного промежутка времени в центре Солнца водород постепенно превращается в гелий. Гелий — нечто вроде золы в огромной ядерной топке Солнца. Только если из обычной печки золу можно убрать, то гелий накапливается, и таким образом у Солнца образуется гелиевое ядро. Процессы слияния ядер водорода в гелий приво-

дят в конце концов к тому, что облегчается выход квантов света — фотонов к поверхности звезды, и поэтому светимость Солнца постепенно увеличивается.

Ядерные реакции по протон-протонному механизму уже не смогут идти в ядре, состоящем из гелия, а будут происходить лишь вокруг ядра, как бы в его оболочке. Гелий, образующийся в оболочке, добавляется к ядру, и его масса увеличивается. Ядро, естественно, начинает сжиматься. Но сжимается оно очень медленно, и энергия сжатия поэтому успевает выходить из него наружу. Температура ядра остается практически постоянной.

И раньше во время нормальной своей работы в центре Солнца плотности газа были велики: более 100 граммов в одном кубическом сантиметре. Газ, который потяжелее воды в сотню с лишним раз! А в процессе сжатия гелиевого ядра с этим газом начинают происходить поразительные вещи.

Я хочу только напомнить читателю, что, объясняя сейчас очень сложные процессы, которые будут происходить в центре Солнца с наступлением его старости, мне приходится сильно упрощать картину. И если до этого все можно было понять, пользуясь известными из школьного курса физики закономерностями, то сейчас в недрах Солнца поведение вещества описывается уже законами квантовой механики.

Почему? Ведь, казалось бы, квантовая механика описывает поведение частиц в микромире. Да, это так, но из-за роста плотности ядра (оно все время сжимается) газ начинает менять свой характер. Плотности уже заведомо превышают величину один килограмм в кубическом сантиметре. Состояние вещества при таких плотностях да еще и при температуре выше десяти миллионов градусов называют вырожденным. Но все-таки почему же квантовая механика?

Да потому, что этот вырожденный газ состоит главным образом из электронов. Конечно, в ядре нашего Солнца есть и ядра атомов. Но они «голые». Поведение ядра Солнца в целом определяется свойствами электронного газа чудовищной плотности. Здесь уже неприменима школьная физика. Здесь «работает» квантовая механика, описывающая поведение «коллектива» электронов. Свойства ядра становятся близкими к свойствам металлов. Ну а это означает, что ядро очень хорошо проводит тепло, имеет высокую теплопроводность. Именно поэтому, хоть ядро и сжимается, температура его прак-

тически не изменяется, за счет высокой теплопроводности оно успевает отдать «излишки» тепла наружу.

Итак, ядерные реакции в процессе старения Солнца пойдут вокруг ядра. Но из-за вырожденности ядра, из-за его высокой теплопроводности энергия здесь не запасается, она «накачивается» в оболочку, и наступит время, когда оболочка «разбухнет» от избытка энергии. В ней разовьются очень бурные конвективные процессы, гораздо более мощные, чем в сегодняшнем Солнце. Этот процесс займет немного времени, какие-нибудь миллионы лет.

Нет, не беспокойтесь, ведь мы помним, что все эти катаклизмы начнутся скорее всего через несколько миллиардов лет, так что пока развитию нашей цивилизации со стороны термоядерных реакций на Солнце прямой угрозы нет. Ну а загадывать, что будет с человечеством даже через тысячу лет, даже при спокойном Солнце, дело гораздо более сложное, чем прогнозировать поведение светила через пару миллиардов лет. Ведь поведение человечества нельзя описать точными физическими законами.

Итак, Солнце вновь закипит, да так, что здесь уже и от планет земной группы вряд ли останется что-нибудь, кроме оплавленных камней. Светимость Солнца возрастет при этом чудовищном кипении в тысячу с лишним раз, да еще вдобавок к этому оно начнет раздуваться и станет очень большим. Короче говоря, наш желтый карлик станет красным гигантом.

Размеры этого гиганта огромны. Солнце может «раздуться» до орбит Меркурия или даже Земли. А затем красный гигант сбросит с себя все, кроме того, что находится у него в центре. Это очень интересный процесс, до конца не понятый современной астрофизикой. Почему звезда хочет избавиться от лишней массы? Почему она с колоссальной энергией выбрасывает часть своего «тела» в пространство?

Эти процессы опять связаны с нарушением равновесия. Только за один год Солнце может потерять одну миллионную часть своего веса. Гигант начнет катастрофически худеть. И за каких-нибудь десять-сто тысяч лет от него останется лишь центральная часть — ядро, о котором мы уже с вами говорили. Гигант как бы сбросит все, что оказалось ненужным ему на этой стадии эволюции.

Звездная материя образует около оставшегося ядра

так называемую планетарную туманность, которая постепенно исчезнет, рассеется в космическое пространство. Этот своеобразный звездный стриптиз приведет к тому, что рано или поздно на месте Солнца останется только его гелиевое ядро — белый карлик.

Мы уже говорили о свойствах ядра, которое представляет собой вырожденный газ. Возможная дальнейшая судьба белого карлика определяется его массой и температурой. В случае нашего Солнца есть вариант, при котором белый карлик будет просто остывать. Запасы энергии в нем велики, и тепла, пожалуй, хватит на многие сотни миллионов лет.

Но жизни к этому времени на Земле уже не будет. Ведь красный гигант мог занять место до орбиты Земли. Трудно предугадать или предсказать, какие шаги предпримет человечество, зная о грядущих изменениях в нашей звезде. Запас времени есть, он велик, а человечество молодо. Конечно, первое, что приходит в голову, — переселение в другие миры, к другим солнцам и планетам.

Мы поговорим об этом позже, а сейчас о том, что случилось бы с Солнцем, будь оно чуть потяжелее. Теория утверждает, что белые карлики с массой чуть меньше полутора масс Солнца неустойчивы. В этом случае давление вырожденного газа не может справиться с силами гравитации и начинается катастрофическое сжатие карлика. Он сжимается в точку, превращаясь в черную дыру — гравитационную могилу.

Нашему же Солнцу уготована иная судьба. Белый карлик будет остывать в течение миллионов лет и превратится в «черный карлик» — холодную маленькую звезду размером с земной шар, которую из какой-нибудь другой планетной системы и наблюдать-то невозможно.

И белый и черный карлик полностью оправдывает свое название: это действительно карликовые звезды. Но пока на нашем небе царствует желтый карлик — король и властелин всех планет — наше Солнце. После бурного детства настали сравнительно спокойные времена, и многим тысячам поколений людей будет дано видеть и наблюдать его ежедневно, а загадки Солнца, о которых мы говорили, будут еще долгое время находиться в числе самых «горячих» точек науки.

Глава II

КАНТ, ЛАПЛАС И ДРУГИЕ

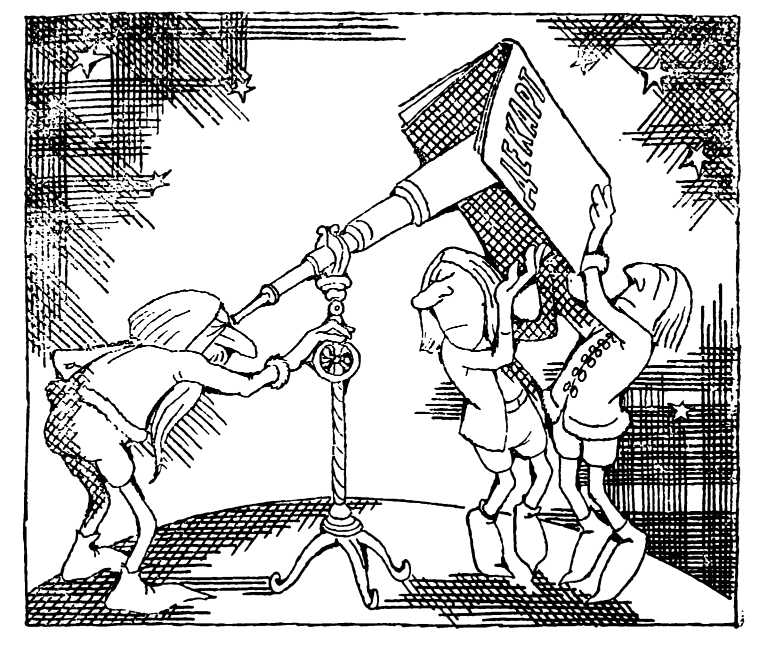
Таинство рождения Земли да и других планет Солнечной системы волнует человеческий ум не одно тысячелетие. За это время люди совершили большой и трудный переход от наивных мифологических воззрений древних шумеров, ассирийцев, индусов до первых попыток научной постановки проблемы происхождения планет Солнечной системы.

Но даже сегодня, когда ученые строят достаточно точные модели черных дыр и нейтронных звезд, не существует теории, которая сумела бы объяснить происхождение Солнечной системы и все известные сейчас ее особенности. Как это ни парадоксально, но приходится согласиться, что точка зрения, согласно которой планета устроена посложнее, чем звезда, имеет право на жизнь. А уж вопрос о рождении планет гораздо более запутан и туманен, чем вопрос о рождении звезд. Это связано с тем, что астрономы могут наблюдать звезды в огромном количестве и на различных стадиях их эволюции. В то же время Солнечная система «предъявлена» ученым в единственном экземпляре.

Именно поэтому путь создания теории внутреннего строения и эволюции звезд был гораздо более спокойным, чем тернистые дороги планетной космогонии, науки о рождении и эволюции планет.

Мы не будем говорить сейчас о «древних космогониях» вавилонян, шумеров, китайцев. Эти космогонии неэволюционны. Они просто описывали мир, как он виделся человеку тысячи лет назад, а рождение Земли и планет всегда в той или иной форме было связано с актом божественного вмешательства.

По-видимому, первую (с большой натяжкой можно сказать «научную») попытку объяснения происхождения Солнечной системы сделал великий французский геометр и философ Р. Декарт. Положивший начало и аналитической геометрии (кто не знает Декартову систему), и модному философскому направлению, тоже названному его именем, Декарт был человеком чрезвычайно себялюбивым и самоуверенным. Био-



графы указывают, что даже о работах Галилея он отзывался весьма скептически и говорил, что многие сходные мысли высказывал раньше Галилея.

По Декарту, любое перемещение частичек материи может совершаться лишь в том случае, если движутся другие, соседние частицы. Декарт рассмотрел круговое движение и пришел к выводу, что если материя движется, например, вокруг неподвижных звезд, то образуются вихри, а из вихрей — планеты. Он использовал в своей космогонии лишь предположение о совершенстве бога.

Построения его были чисто умозрительными. Кажется просто удивительным, что один из величайших геометров мира не удосужился облечь свои предположения в математические формулы. Его идея была совершенно фантастична, но она объяснила «все» и благодаря авторитету Декарта была чрезвычайно популярна в глазах широкой публики, называвшей его «единственным Архимедом, Атласом, Геркулесом нашего века».

Многих ученых, в том числе и современников Декарта, не могли удовлетворить построенные на чисто теологической основе гипотезы.

Но тем не менее следующая попытка объяснить про-

исхождение Солнечной системы была сделана лишь сто лет спустя выдающимся французским естествоиспытателем Бюффоном. Именно его идея положила начало многочисленным «теориям катастроф».

В 1745 году Бюффон предположил, что гигантская комета столкнулась с Солнцем, вырвала из него вещество планет. В течение 200 с лишним лет после работы Бюффона к идее катастроф в различных модификациях астрономы возвращались не один раз. Однако уже в XVIII веке многих ученых не удовлетворяла идея Бюффона. Они искали принципиально иные пути решения проблемы.

В это время физика и математика были озарены гением Ньютона, а астрономия — открытиями Гершеля. Величайшие умы задумывались о первопричине удивительной стройности и порядка, царящих в Солнечной системе. Ведь все планеты обращаются вокруг Солнца в одном направлении и почти в одной плоскости. За исключением Венеры и Урана, все планеты имеют одинаковое направление вращения вокруг собственной оси. Орбиты всех планет имеют форму почти правильных окружностей.

Насколько трудна была задача объяснения всех этих закономерностей, а главное — их появления, показывает следующий примечательный факт. Бесспорно, что такой титан, как Ньютон, не мог не попытаться подойти к решению вопроса о происхождении Солнечной системы. В своих «Математических началах натуральной философии» он описывает особенности движения планет. Но, по мнению гениального ученого, столь упорядоченное движение не могло быть следствием «какой-либо механической причины».

Ньютон думал, что взаимное притяжение планет обязано нарушить устойчивость Солнечной системы. Ну а поскольку она не нарушается, великий ученый так же, как и многие его предшественники, прибегнул к помощи Верховного Разума, который и наводит в мире соответствующий порядок.

Но, бесспорно, не Верховный Разум, а простые физические законы управляли и управляют по сегодняшний день нашей Солнечной системой. И как ни парадоксально, первым, кто это понял, был великий философ И. Кант, который, кстати, тоже исповедовал идею существования Верховного Разума.

Изучая богословие в Кенигсбергском университете,

Кант увлекся физикой и математикой и стал горячим приверженцем ньютоновской физики. Он высказал идею, что вращение туманностей приводит к превращению шаровой формы в сплюснутую, дискообразную, и разработал интересные физические принципы в обоснование этой идеи.

В 1755 году вышла книга Канта «Всеобщая естественная история и теория неба», где были изложены его основные мысли. Уже в этой книге Кант рассматривал кольца Сатурна как рои частиц, вращающиеся вокруг планеты. Но по непонятной причине книгу Кант издал анонимно. К тому же издатель обанкротился, и она осталась на складах. Поэтому даже слава Канта как философа не привлекла особенного внимания современников к его идеям.

Кант полностью посвятил себя к этому времени вопросам, связанным с мышлением и познанием. На всякий случай он еще раз кратко изложил свою теорию в предисловии к книге «Единственное возможное доказательство бытия божьего». Книга эта вышла в 1763 году. Интересно, что именно в связи с этой книгой М. Булгаков устами Воланда упоминает Канта в своем знаменитом романе.

Полностью книга Канта «Всеобщая естественная история и теория неба» была вновь издана в 1798 году, а четыре года спустя первый консул Французской республики, тогда еще не ставший императором Наполеон, выразил желание побеседовать о судьбах мироздания со своим бывшим министром внутренних дел П. Лапласом, великим астрономом В. Гершелем и известным физиком графом Б. Румфордом.

Будущий император принял ученых в саду своего дворца в Мальмезоне, где он давал указания рабочим, подводившим воду для поливки растений. В своих воспоминаниях Гершель отмечает отличное знакомство Наполеона с мелиорацией.

Любезно встретив гостей и побеседовав с ними на общие темы, первый консул взял инициативу научной дискуссии в свои руки. Речь зашла о протяженности мира... «Кто же творец всего этого?» — спросил Наполеон Лапласа.

Лаплас пытался объяснить ему, как последовательность естественных событий могла привести к наблюдаемым астрономами фактам, но не сумел убедить будущего завоевателя Европы. Наполеон, как и многие другие,

предпочитал более простое объяснение — вмешательство бога.

А между тем у Лапласа были все основания отстаивать свою точку зрения. Ко времени этой встречи вышло уже два издания его знаменитой книги «Изложение системы мира». В своей книге Лаплас показал, что вывод Ньютона о нарушении устойчивости Солнечной системы и грядущей катастрофе ошибочен. Именно после работы Лапласа и отпала необходимость привлечения божественного вмешательства. На вопрос Наполеона, оставляет ли он во Вселенной место для ее творца, Лаплас мог с полным основанием ответить: «Гражданин первый консул, я никогда не испытывал нужды в этой гипотезе».

Надо заметить, что Наполеон чрезвычайно высоко ценил Лапласа. В первые годы своего консульства он даже назначил пятидесятилетнего ученого министром внутренних дел в своем правительстве. Трудно сказать, на что рассчитывал будущий император Франции, решаясь на подобный шаг. То ли излишний либерализм, то ли уверенность в том, что человек, который «навел порядок» в Солнечной системе, наведет порядок и во Франции.

Величайший математик своего времени, человек, еще в конце XVIII века показавший возможность существования черных дыр, был министром лишь полтора месяца... «Первоклассный геометр тут же показал себя весьма скверным администратором... Лаплас... в конце концов принес в управление дух бесконечно малых величин», — не без чувства юмора писал в своих мемуарах Наполеон.

Хорошо известно, что Лаплас всегда посвящал свои научные труды сильным мира сего. Поэтому, лишив его должности министра, Наполеон все-таки оставил Лапласу кресло сенатора. Именно с этого кресла Лаплас впоследствии одним из первых проголосовал за изгнание из Франции своего благодетеля.

Но нас прежде всего интересует небулярная теория происхождения Солнечной системы, или, как ее еще называют, теория Канта — Лапласа. Последнее название привилось в науке уже много лет спустя после смерти Лапласа. Сам он считал себя единственным основоположником теории эволюции Солнечной системы, но гениальное предвидение Канта не могло не оставить следа в истории науки, и сейчас, когда мы говорим о проис-

хождении семьи планет, мы используем термин «модель Канта — Лапласа».

Бесспорной заслугой Лапласа явилось построение изящной математической модели Солнечной системы с использованием закона всемирного тяготения Ньютона. Он широко пользовался данными наблюдательной астрономии, в частности В. Гершеля. Поэтому некоторые принципы его теории не потеряли до настоящего дня своего значения.

Посмотрим, к чему же сводятся основные черты модели Канта — Лапласа. Солнце по этой модели возникло в результате сжатия огромного вращающегося облака. «В первоначальной стадии... — пишет Лаплас, — оно (Солнце. — *Л. М.*) представляло собой туманность, состоящую, как это видно в телескопы, из ядра, окруженного туманным веществом... Сгущаясь на поверхности ядра, такая туманность преобразуется в звезду».

Как мы видим, вполне современная точка зрения на образование звезд из сжимающейся прототуманности. Но как же по мере сжатия прото-Солнца образовывались планеты?

Лаплас полагал (и, кстати говоря, совершенно справедливо), что молодое Солнце «было некогда окружено колоссальной атмосферой». Только теперь, почти двести лет спустя после выхода в свет книги Лапласа, мы знаем, что под «атмосферой» следует понимать оставшуюся после образования Солнца часть туманности. Из этой «атмосферы» на различных стадиях сжатия Солнца, по мнению Лапласа, отрывались, формировались кольца, вращающиеся вокруг Солнца. Затем кольца разрывались на отдельные части, и если одна из них была достаточно велика, чтобы притянуть к себе в соответствии с законом всемирного тяготения другие, кольцо могло преобразоваться в планету. Так Солнце последовательно сбрасывало с себя кольца вещества, которые затем превратились в планеты.

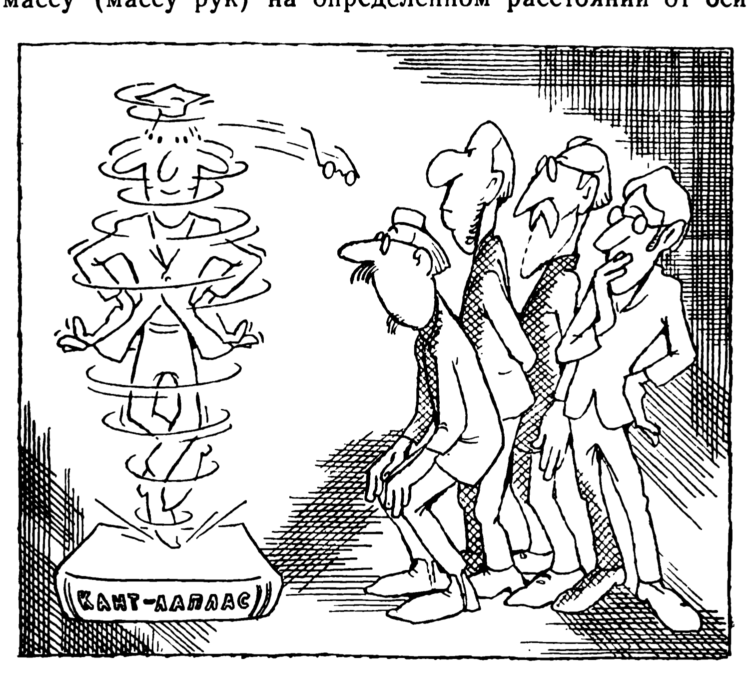
В этом и состоит суть идеи великого французского математика. Я специально достаточно подробно остановился на небулярной модели Канта — Лапласа, поскольку многие новейшие теории в той или иной мере включают в себя старые идеи.

Спустя почти сто лет, в начале XX века, ученые вновь стали разрабатывать «катастрофические модели» образования планет. Здесь особенно «постарались» два чикагских физика Ф. Мультон и Т. Чемберлин, которые,

исследуя сжатие вращающегося облака газа, установили ряд слабых мест в теории Лапласа.

Основная претензия к гипотезе Канта — Лапласа состояла в следующем. В физике существует такое понятие, как момент количества движения. Чтобы лучше уяснить себе физический смысл этой величины, рассмотрим следующий пример. Все мы хорошо знаем один из элементов фигурного катания — вращение спортсмена вокруг собственной оси. Этим эффектным номером часто фигурист заканчивает свое выступление. Я здесь хочу обратить внимание на некий тонкий момент (и в буквальном и в переносном смысле слова). Начинает вращение фигурист довольно медленно с широко расставленными руками. А затем он увеличивает скорость вращения, используя лишь один прием — приближая руки к оси вращения. Делает спортсмен это по-разному: может поднять их вверх, сомкнув над головой, может прижать к бокам. Эффект один — скорость вращения резко возрастает. В чем здесь дело?

Когда руки у фигуриста расположены перпендикулярно к телу, ему необходимо «крутить» дополнительную массу (массу рук) на определенном расстоянии от оси



вращения. Именно произведение скорости на массу, на расстояние ее от оси вращения и определяет момент количества движения.

Теперь вспомним наиболее общие законы природы — законы сохранения. Известно, что в процессе движения величина момента количества движения остается постоянной. Фигурист уменьшил часть массы, которая вращалась на определенном расстоянии, заставив ее вращаться на меньшем расстоянии (прижал руки). Момент количества движения при этом должен остаться прежним, сохраниться. Поскольку общая масса фигуриста не изменяется, то скорость вращения должна скомпенсировать уменьшение расстояния, она увеличивается, получается эффектная концовка выступления.

Так вот именно эта физическая величина — момент количества движения — стала камнем преткновения и для теории Канта — Лапласа, и для многих более поздних небулярных теорий. Дело в том, что из полного момента количества движения Солнечной системы на обращение Юпитера, масса которого в тысячу раз меньше массы Солнца, а значит, практически и всей системы, приходится 60 процентов, а на вращение самого Солнца лишь два. Вещь поразительная. Крохотные по сравнению с Солнцем планеты имеют гораздо больший момент, чем центральное светило. Если «все» образовалось из одной общей туманности, то момент количества движения никак не мог распределиться в таком соотношении между внешней областью и центральным светилом. Или нужно искать какие-то специальные механизмы перераспределения момента, или нужно считать, что дополнительный момент был привнесен в Солнечную систему извне.

Именно по последнему пути и пошли Чемберлин и Мультон. Они совместно предложили теорию, которая впоследствии нашла сторонников в лице Джинса, Эддингтона и многих других крупных ученых, хотя на позиции Джинса в этом вопросе я остановлюсь отдельно. Суть гипотезы состоит в том, что при движении вокруг центра Галактики Солнце прошло довольно близко мимо другой звезды. Это обстоятельство вызвало извержение вещества из нашего светила. Выброшенная материя сконденсировалась в небольшие твердые тела — «планетезимали» (так назвали их авторы теории). Впоследствии, вращаясь вокруг Солнца и слипаясь друг с другом, «планетезимали» образовали планеты.

Эта теория была опубликована в 1905 году, а в 1916 го-

ду Д. Джинс, как он выразился сам, «исследовал математически, что должно произойти в *действительности* (выделено мною. — *Л. М.)*, когда одна звезда действует на другую мощными приливообразующими силами».

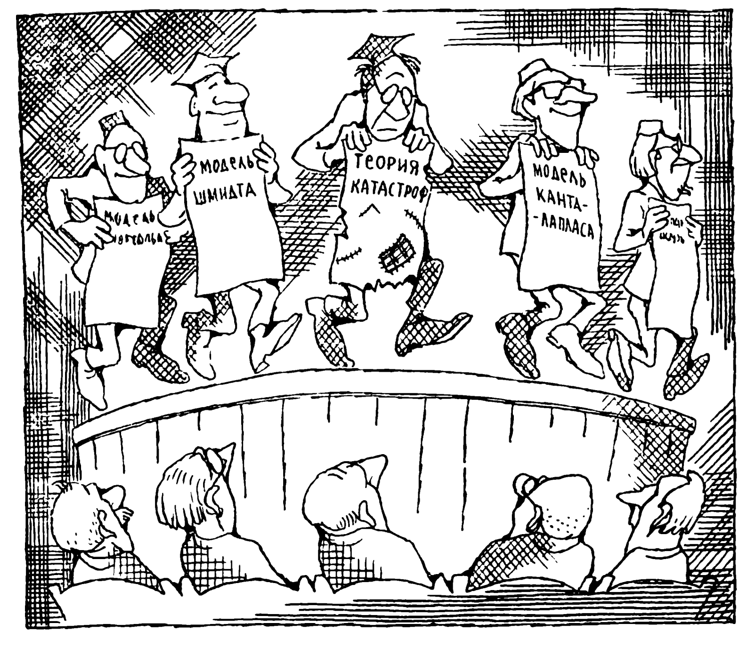
Джинс сказал «в действительности» потому, что, как и Эддингтон, полагал, что теория хороша только в том случае, если она снабжена хорошим математическим аппаратом. Работу Чемберлина и Мультона он называл гадательной и говорил, что она «почти совершенно не в состоянии выдержать суровое испытание математическим анализом или объяснить хотя бы самые характерные особенности Солнечной системы».

Скажем прямо, Джинс был слишком суров к Мультону и Чемберлину. Его собственная теория базировалась на той же идее приливного воздействия при тесном сближении Солнца с массивной звездой. И его теория прожила недолго. Она также не была свободна от внутренних противоречий. Но поскольку в ней наиболее отчетливо появляется идея «катастроф» со всеми вытекающими из нее последствиями, поскольку и сегодня делаются серьезные попытки реанимации этой теории, мы вкратце остановимся на основных ее положениях.

Итак, Солнце извергло огромную сигарообразную струю, плотность которой была наибольшей в средней ее части. Поэтому планеты-гиганты Юпитер и Сатурн, полагает Джинс, занимают как раз среднее положение в последовательности планет. Струя начинает распадаться на отдельные сгущения, которые, собственно говоря, и являются протопланетами. Джинс считает, что прото-Венера и прото-Меркурий должны были обратиться в жидкость или немедленно отвердеть, прото-Земля и прото-Нептун были частично жидкими, а Марс, Юпитер, Сатурн и Уран родились газообразными.

«Дом моделей»

Все эти представления кажутся сейчас наивными, но и спустя 70 лет после выхода в свет работы Джинса здание планетной космогонии представляется самым настоящим «домом моделей». Всего 10 лет назад в Ницце собрались крупнейшие специалисты по проблемам планетной космогонии. Читая сборник докладов, представленных на этой конференции, невольно поражаешься многообразию точек зрения на вечную проблему происхождения Солнечной системы.



Сейчас, по-видимому, трудно указать такую область науки, за исключением планетной космогонии, где происходило бы столкновение полярных точек зрения, причем каждая из них достаточно обоснована. И Лапласу, и Декарту, и Джинсу было гораздо легче, чем современным космогонистам: их гипотезы «держались» как минимум десятки лет. Ну а что же происходит в нашем «доме моделей» сегодня?

Было бы неразумно попытаться даже в популярной форме изложить почти пятьсот страниц докладов конференции в Ницце. Да и после этой конференции появились новые интересные идеи в области космогонии. Остановимся лишь на наиболее важных моментах рождения Солнечной системы. Заметим, что подавляющее число работ используют сейчас в качестве исходной схемы туманность Лапласа, и лишь одиночки пытаются возродить «теорию катастроф». Если говорить языком спортивных комментаторов, то счет что-нибудь 20 : 2 в пользу сторонников исходной прототуманности.

Итак, совершим короткую экскурсию по «дому моделей планетной космогонии». Я в своем изложении буду следовать приему, который использовал в своем докладе

известный астрофизик Г. Ривс. Он... просто ставил перед учеными вопросы.

Основной вопрос, на который, к большому сожалению, очень трудно дать определенный ответ даже сегодня: что такое Солнечная система в Галактике? «Каприз природы», «урод» или же обычное, заурядное явление?

Этот вопрос имеет огромное философское, познавательное значение, и, пока нет точных данных наблюдательной астрономии о существовании других подобных систем, мы не можем исключить «уникальности» нашей Солнечной системы в Галактике. Но большинство специалистов склоняются к тому, что планетные системы не исключительное явление в Галактике. А тогда любая модель должна дать ответ на следующие вопросы:

Возникло ли Солнце и планеты из одного межзвездного облака?

Этот очень старый и очень спорный вопрос важен вот по какой причине. Если Солнце и планеты возникли из одного облака, то во время образования Солнца облако проходило высокотемпературную стадию. Если Солнце захватило облако, а температуры современных облаков в Галактике весьма низки, меньше 100 градусов по шкале Кельвина, тогда планеты формировались «холодным» путем. Окончательного решения этого вопроса нет.

Если считать, что Солнце и планеты происходят из одного облака, то как отделилось вещество планет от солнечного? Здесь исследователи придерживаются различных точек зрения. Но вот что интересно. При анализе этого вопроса был нанесен смертельный удар по гипотезе Джинса, о которой мы недавно говорили. Оказалось, что если внезапно извлечь из Солнца довольно значительную массу вещества, примерно равную массе всех планет Солнечной системы, то она просто-напросто взорвется, так как имеет огромные запасы тепловой энергии. В отделении вещества туманности от Солнца значительную роль могут играть магнитные поля и турбулентность в облаке. Окончательной ясности нет и здесь.

Сколько весила протопланетная туманность?

И здесь нет единой точки зрения. Совершенно ясно, что нижний предел массы туманности найти очень легко. Для этого мы должны сложить массу всех планет, добавив еще некоторое количество летучих элементов, с массой Солнца. А верхний предел массы уже зависит от «индивидуального счета». Самый верхний предел, который рассматривается сегодня, — две массы Солнца.

Каковы были физические условия в туманности?

Здесь я хочу привести остроумное высказывание американского астронома Г. Уитни. Он сказал, что различные космогонии, подобно романам, представляются истиной только для их автора. Всем же остальным они кажутся чистыми фантазиями. В этой шутке большая доля правды. Посудите сами. Значение только одного параметра — температуры туманности — очень сильно меняется от модели к модели. Одни авторы рассматривают очень высокие температуры — до 4 тысяч градусов по шкале Кельвина. Другие «довольствуются» низкими, 100 градусов. Создается такое впечатление, что сегодня физики лишь ходят по коридорам «дома моделей», но найти комнату, где лежит не модель, а истина, не могут. А тут возникает еще более неясный и туманный и самый главный — пятый вопрос.

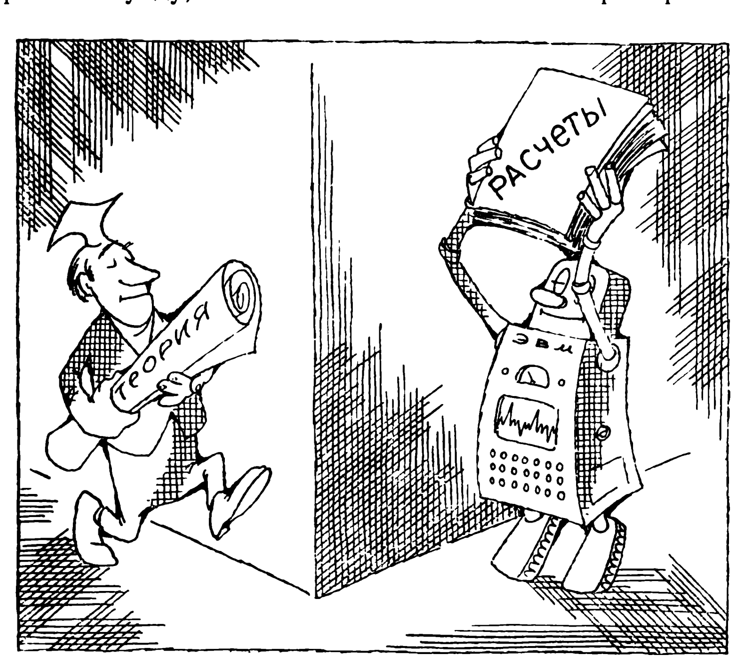
Каким образом из газа и пылинок протопланетной туманности образовались планеты?

Ну как ответить на этот вопрос, если даже, по мнению специалистов, некоторые работы, написанные на эту тему сегодня, имеют определенное сходство с произведениями средневековых алхимиков. Тем не менее, поскольку все-таки именно этот вопрос главный, я попытаюсь представить читателю короткий сценарий рождения планет, основанный главным образом на работах школы замечательного советского ученого академика О. Шмидта.

Итак, на орбитах вокруг Солнца вращаются многие миллиарды пылинок. Из-за сил тяготения они опускаются к экваториальной плоскости. Одни частицы крупнее, другие помельче. Крупные частицы при своем падении «захватывают» мелкие и поэтому увеличиваются в размерах. Таким образом пылевой слой становится плоским, и вокруг Солнца образуются кольцевые зоны наподобие колец Сатурна. Механизм, по которому частицы слипаются, аналогичен механизму «холодной сварки», хорошо известному металловедам. Именно по этому механизму микронные частицы за 1000 лет вырастают до размеров около одного сантиметра. В других моделях частицы растут до размеров футбольного мяча, то есть их радиус около 20 сантиметров. Итак, пылевой слой становится плоским, и, по выражению Г. Ривса, «множество тел беззаботно движутся по орбитам и без конца сталкиваются друг с другом, как лихо мчащиеся машины на деревенских ярмарках».

Давайте попробуем рассмотреть на примере образования Земли, что же происходило дальше. Мы с вами знаем, что астрономы называют одной астрономической единицей расстояние от Земли до Солнца. Это около 150 миллионов километров. Так вот, вокруг Солнца на земной орбите вращалась кольцевая зона частиц толщиной примерно в половину астрономической единицы. Советский ученый В. Сафронов показал, что в такой кольцевой зоне большее тело в силу своего гравитационного поля будет захватывать меньшие тела. «Деньги идут к деньгам» — меланхолически заметил по этому поводу Ривс. Земля, таким образом, «рождается», по Сафронову, за 100 миллионов лет. Планеты-гиганты, по всей видимости, за значительно больший промежуток времени.

Здесь важно отметить одно обстоятельство, которое нам понадобится в дальнейшем. За время в 100 миллионов лет на орбите Земли вырастали тела километровых размеров, а на самых последних стадиях образования она сталкивалась с телами, размеры которых достигали десятков километров. Ясно, что подобные столкновения, да еще со скоростями порядка десяти километров в секунду, не могли не повлиять на историю разви-



тия нашей планеты. Об этом попозже, а сейчас подведем краткий итог запутанной и в общем-то малоутешительной на сегодняшний день истории образования нашей Солнечной системы. В этой истории сегодня более или менее понятно лишь общее направление некоторых физических процессов.

Пройдет еще немало времени, пока планетная космогония достигнет уровня однозначности и определенности других отраслей астрофизики. Несомненно, что сейчас это наиболее драматическая часть науки о небе. Но все-таки попробуем (отдавая себе отчет, что это только один из возможных сценариев) нарисовать исторический путь развития нашей Солнечной системы.

Итак, когда-то в Галактике плавало облако. Анализ изотопов алюминия и магния в метеоритах неопровержимо доказывает, что где-то неподалеку от этого облака взорвалась сверхновая звезда. При таких взрывах образуется коротко живущий изотоп алюминия, который затем превращается в магний. Поэтому, анализируя химический и изотопный состав метеоритов, ученые и пришли к выводу о взрыве сверхновой.

Ударная волна от этого чудовищного взрыва дошла до облака и нарушила равновесие в нем, облако начало сжиматься. В результате сжатия через десятки миллионов лет в центре облака зажглось Солнце. Весь этот процесс мы описывали в предыдущей главе.

Параллельно с образованием нашей звезды в облаке шли процессы рождения пылевого диска. Частички в диске росли от микронных размеров до величины футбольного мяча и вращались вокруг Солнца по эллиптическим орбитам. Ясно, что все они не могли быть одинакового размера. И большие тела за счет гравитационного взаимодействия притягивали к себе другие и объединялись с меньшими. Так начиналось образование планет.

Как долго длились эти процессы, непонятно; здесь полное расхождение между авторами различных моделей. Но мне больше нравится сотня миллионов лет Сафронова. И вот почему. Если принять слишком короткий промежуток времени для образования планет, тогда мы будем иметь на ранних стадиях их развития слишком высокую температуру. А это кажется очень и очень маловероятным.

Итак, прошло сто миллионов лет, и наше бесформенное облако превратилось в стройную систему из цент-

рального светила — Солнца и девяти планет, многих спутников планет, комет, астероидов и метеоритов. На этом можно было бы закончить рассказ о мытарствах планетной космогонии, но экскурсия по «дому моделей» была по необходимости очень беглой и в известной степени поверхностной. А мне бы не хотелось, чтобы у читателя осталось очень мрачное впечатление от этой главы. Поэтому я коротко расскажу еще об одной модели, построенной не физиками, а математиками, членом-корреспондентом АН СССР Т. Энеевым и Н. Козловым.

Она отвечает на ряд важных вопросов, а другие модели на эти вопросы ответить не могут. Например, почему Венера и Уран имеют обратное вращение? Почему различен наклон осей вращения различных планет? Теория Энеева и Козлова помогает решить и ряд других принципиальных задач.

Суть теории состоит в следующем. Плоский протопланетный диск уже сформировался. Он состоит из большого числа тел — газопылевых сгущений, вращающихся вокруг Солнца. Если два таких тела близко подходят друг к другу, они объединяются. Мы видим, что в концепции Энеева и Козлова отсутствует понятие зародыша. Просто при тесном сближении пара тел всегда объединяется. Этот процесс происходит в кольцевых зонах сгущения, на которые разбивается диск в процессе своей эволюции. За время, примерно равное 10 тысячам лет, процесс объединения тел заканчивается, и в результате рождаются огромные шаровые образования — протопланеты, которые гораздо больше современных планет. А что же дальше? Под воздействием собственного гравитационного поля они «схлопываются» до нормальных, нынешних размеров.

Мне кажется, что именно этот момент, требующий дополнительного обоснования, и является недоработанной частью теории. Тем не менее новая теория привлекательна своей «чистотой»: она не нуждается ни в каких дополнительных начальных условиях, легко и непринужденно объясняя ряд труднейших вопросов, связанных с особенностями поведения планет Солнечной системы. И все-таки, перед тем как перейти к рассказу о семье Солнца, а мы начнем этот рассказ с того, как исследуют планеты, я прошу запомнить читателя лишь одну вещь — многие вопросы, поставленные в этой главе, на которые должна давать ответ любая, правильная по-настоящему теория, сегодня остаются без ответа.

Глава III

ВЗГЛЯД С ЗЕМЛИ

Последним великим астрономом, наблюдавшим небо без помощи телескопов, был знатный датский дворянин Тихо Браге. Он был современником Джордано Бруно, но судьба его была гораздо более удачной, чем судьба великого Ноланца.

Тихо Браге провел довольно бурную молодость. Он дрался на дуэли и в результате носил на переносице протез из золота и серебра, так как во время дуэли лишился носа — весьма заметной части человеческого лица.

Слава Тихо Браге как астронома связана, в частности, с его наблюдениями новой звезды, появившейся на небе в созвездии Кассиопеи в 1572 году. Заметим, что эта вспышка поколебала веру многих образованных людей того времени в учение Аристотеля, утверждавшего, что все неизменно в этом мире. Тихо Браге проводил тщательные измерения положения «новой» звезды на небе, изменения ее яркости и цвета и в 1573 году опубликовал книгу о своих наблюдениях, хотя поначалу сильно сомневался, совместимо ли это с его дворянским достоинством.

Король Дании Фредерик отдал в распоряжение Тихо Браге небольшой островок Хвен неподалеку от Копенгагена, где Браге и выстроил себе обсерваторию, обсерваторию без телескопа, «дворец астрономии», как он назвал свое детище. Это была одна из первых обсерваторий в Европе, оборудованная новыми измерительными инструментами для определения положения светил на небе и расстояний между ними. Браге сам изобретал эти инструменты, квадранты и секстанты, а искусный механик швед Й. Бюрги изготавливал их.

Но что можно было сделать в астрономии до изобретения телескопа? Лишь наблюдать то, что видит глаз человека, да увеличивать точность измерения положения планет и звезд.

Браге вел многолетние и систематические наблюдения. Он составил впервые после Гиппарха и Птолемея

каталог, который почти сто лет оставался самым лучшим и надежным справочником для любого астронома. Он непрерывно занимался определением положения Луны и планет, и здесь также его данные были лучшими для своего времени.

После смерти короля Фредерика Браге вынужден был покинуть Данию и переселился в Прагу, где в то время правил император Рудольф II, большой любитель алхимии и астрологии. В последний год своей жизни Браге взял к себе в помощники молодого И. Кеплера, который и получил пост директора императорской обсерватории в 1601 году, после кончины своего наставника.

А через три года после смерти Браге в Европе появились первые телескопы. Имя изобретателя телескопа неизвестно. Мы знаем лишь одно: в 1604 году торговец стеклами для очков голландец Янссен «снял копию» с телескопа, принадлежащего неизвестному итальянцу. А уже в 1608 году сразу два человека, Липперсгей и Метиус, сделали «заявку» на изобретение телескопа. Но телескоп оставался не более чем забавной игрушкой в руках людей, был предметом развлечения на многочисленных ярмарках до той поры, пока Г. Галилей, бывший, кроме всего прочего, мастером на все руки, не изготовил в 1609 году свой первый экземпляр телескопа, который он направил на небо.

Интересно, что телескоп и микроскоп появились почти одновременно. Оба эти инструмента, один предназначенный для изучения макро-, а другой для исследования микрообъектов, произвели революционный переворот в естествознании.

Именно наблюдения и удивительные открытия Галилея, сделанные им с помощью телескопа, способствовали признанию гелиоцентрической системы мира Коперника.

Сначала Галилей писал о своих открытиях лишь друзьям и знакомым, а 8 марта 1610 года появилась его книга «Звездный вестник», в которой и были изложены основные результаты. Что же удалось увидеть Галилею в телескоп?

Естественно, что прежде всего он направил его на Луну. Оказалось, что граница между светлой и более темной частью отнюдь не сплошная. На рисунках Луны, сделанных Галилеем, видны светлые пятнышки в более темной части нашего спутника, а сама граница между освещенной и темной частью сильно изрезана. Галилей

сразу догадался, что поверхность Луны не хрустальная, как учили в древности, а покрыта возвышенностями и долинами. Правда, он считал, что более светлые части поверхности — это суша, а более темные — водная гладь. Светлые точки на темной половине Луны — вершины гор, освещаемых лучами Солнца.

Но самое удивительное обнаружилось 7 января 1610 года, когда Галилей открыл три спутника у Юпитера, а 13 января увидел и четвертый. Стало ясно, что район Юпитера как бы наша Солнечная система в миниатюре.

Мы помним, в какие времена жил и работал Галилей. Ведь всего десять лет назад в Риме на Площади цветов пылал факелом Джордано Бруно. Поэтому нет ничего удивительного в том, что, ища покровительства сильных мира сего, Галилей назвал открытые им новые небесные тела «медичейскими звездами» в честь великого герцога Тосканского Джулиано Медичи. Однако это название спутников Юпитера сегодня забыто. Весь мир знает их сейчас как Галилеевы спутники.

Открытия Галилея были сенсационны. Его тактический ход с названием спутников оказался правильным. В шахматной партии комментатор поставил бы около него восклицательный знак: уже 5 июня 1610 года Галилея уведомили о том, что отныне он — первый математик Пизанского университета и философ светлейшего герцога. Дополнительно к этому ученый получил денежный оклад — 1000 флорентийских скуди в год. Галилей продолжал развивать атаку на герцога и 12 июня 1610 года получил титул математика его светлости герцога Тосканского, что сильно упрочило общественное положение ученого. А в этом он очень нуждался.

«Лучшее — враг хорошего», — гласит пословица. Хотя Галилей, непрерывно совершенствуя свои телескопы, имел лучшие инструменты в Италии, он, конечно, был не единственным астрономом-наблюдателем. Многим хотелось проверить открытия Галилея, а многим и опровергнуть новые данные. Философы Падуанского университета пошли по наиболее легкому и проверенному пути. «Поскольку у Аристотеля, — говорили они, — ничего не сказано о спутниках Юпитера, то их и не должно быть на небесном своде». Против Галилея начал плести интриги престарелый астроном Маджини из Болоньи, распространяя письма, в которых обвинял Галилея в лучшем случае в самообмане, а потом и в обмане.

Галилей приехал в Болонью, где был телескоп, и показывал собравшимся у Маджини профессорам Юпитер, но почти все заявили, что не видят никаких спутников. Так вера в открытие Галилея была подорвана из-за того, что его телескоп был лучше, чем в Болонье, а многие наблюдатели не имели хороших навыков работы с телескопом.

Но Галилей неожиданно получил очень мощную поддержку с той стороны, с которой менее всего ожидал. Председатель Римской коллегии и иезуитского научного центра астроном и священник X. Клавий в рапорте главе инквизиции кардиналу Беллармину подтвердил истинность открытий Галилея. Серьезная поддержка пришла также из Праги. Главный астроном императора Рудольфа II И. Кеплер также безоговорочно поддержал Галилея.

Иезуиты пригласили Галилея в Рим и радушно приняли его там 29 марта 1611 года. Галилей к тому времени еще не вступил на свой трагический путь отречения. Все его открытия трактовались церковью в рамках геоцентрической системы мира, и лишь приблизительно в 1613 году Галилей начал борьбу за систему мира Коперника. Многочисленные друзья советовали ему быть осторожным и ограничиться лишь описанием наблюдений. Но Галилей не внял советам. Так была открыта одна из самых трагических страниц в истории науки.

Конечно же, у Галилея были союзники. Великий гуманист Кампанелла, автор «Города Солнца», писал Галилею из тюрьмы письма, в которых просил его твердо стоять на позициях коперникианства. По иронии судьбы кармелитский монах Фоскорини также написал письмо, но не Галилею, а генералу своего ордена, в котором защищал систему Коперника. Тем не менее церковь обвинила Галилея в ереси. Сначала ему легко удалось снять с себя все обвинения инквизиции, тем более что сам глава римской церкви папа Урбан VIII был дружески расположен к Галилею. Но... «дружба дружбой, а служба службой», и Галилей в 1616 году снова предстал перед главой инквизиции кардиналом Беллармином, который запретил пропагандировать учение Коперника.

Галилей продолжал свою уничтожающую критику учения Аристотеля, и, конечно же, иезуиты не простили ему этого. Для начала они сделали папу врагом Галилея, и этого оказалось вполне достаточно для того, чтобы в 1635 году ученый был вызван в суд инквизиции,

осужден и вынужден был торжественно отречься от учения Коперника. Науке был нанесен тяжелейший удар.

Драме Галилея посвящена обширная литература, а нам надо теперь разобраться в том, что же дали телескопы при изучении планет.

Телескопы, аналогичные тем, которые использовал Галилей, могли давать увеличение не более чем в 30 раз. Поэтому, когда на смену им пришли телескопы Х. Гюйгенса, одного из родоначальников современной оптики, удалось сделать ряд новых интересных открытий. В 1656 году Гюйгенс обнаружил спутник Сатурна и заинтересовался странными маленькими «шариками», которые были как бы привязаны к Сатурну и все время изменяли свою форму, иногда совсем исчезая. Эти «шарики» наблюдал еще Галилей. Анализируя форму этих «придатков» планеты, Гюйгенс предположил в 1659 году, что «Сатурн окружен тонким плоским кольцом, которое нигде не соприкасается с ним...». «Следует учесть, — продолжал он далее в своей книге «Система Сатурна», — что эта гипотеза не является моим измышлением или фантазией.. я видел это кольцо собственными глазами».

В эти годы из знаменитого на весь мир венецианского стекла, украшавшего дворцы дожей, начали изготавливать самые лучшие линзы для телескопов. Итальянец Д. Кассини, приглашенный Людовиком XIV в Париж и ставший там придворным астрономом, используя телескопы с «венецианскими линзами», сумел открыть еще четыре маленьких спутника Сатурна.

Наблюдая планеты в телескоп, астрономы могли видеть на них пятна и полосы. Уже Гюйгенс заметил и описал экваториальные полосы на Юпитере и пятна на Марсе, а все тот же Кассини, имея лучшие в XVII веке телескопы и наблюдая пятна на Юпитере и Марсе, установил периоды осевого вращения этих планет. Удалось увидеть и затмения спутников Юпитера, когда они вступали в тень планеты. Ну и, конечно же, Луну исследовали очень много, и к середине XVII века появились первые карты спутника Земли. Огромные горы на Луне были названы позднее именами великих ученых — Тихо Браге, Коперника, Платона, Аристотеля.

13 марта 1781 года В. Гершель открыл Уран.

Ученые начали понимать необходимость создания больших, постоянных обсерваторий.

В XIX веке благодаря работам талантливого немец-

кого самоучки Й. Фраунгофера научились отливать из флинтгласового стекла диски диаметром сначала 10—15 сантиметров, а затем и до 30—35. Финансируемый богатым меценатом Утушнейдером, Фраунгофер основал в Мюнхене оптический институт, где стал изучать преломление света. Экспериментируя с солнечным светом, он увидел в спектре темные линии, которые впоследствии получили его имя.

С изобретением фотографии телескоп начал давать «визитные карточки» планет. С развитием физической оптики ученые стали получать информацию об атмосферах и поверхностях планет. То, что не только Земля, но и Венера имеет атмосферу, было замечено еще М. Ломоносовым, но исследовать атмосферы стало возможным лишь тогда, когда ученые стали изучать планеты с помощью спектрометров, соединенных с телескопами. Каков же принцип действия подобной установки?

Если на пути луча света поставить небольшие кюветы с газами, каждая будет по-разному в зависимости от свойств содержащегося в ней газа поглощать свет. Аргон, к примеру, практически не будет поглощать, а аммиак или углекислый газ на определенной длине волны поглощают свет весьма и весьма заметно. Поэтому, если исследовать лучи Солнца, прошедшие через атмосферу планеты, можно получить так называемые полосы поглощения, а по их положению в спектре определить, что за газ содержится в атмосфере планеты. Начатые в XIX веке патером Секки, эти работы получили наибольшее развитие в XX веке.

В 1801 году итальянский астроном Д. Пиацци открыл малую планету, расположенную между Марсом и Юпитером. Эта зона Солнечной системы давно интересовала астрономов, так как, по всем предположениям, здесь должна была бы располагаться планета. Но как ее ни искали, обнаружить планету не удавалось. Небесное тело, которое открыл Пиацци, было в тысячу раз менее ярким, чем Марс и Юпитер. Пиацци назвал его Церерой, по имени богини — покровительницы Сицилии.

В 1802 году в этой же области неба нашли еще одну малую планету Палладу, затем Юнону, а в 1807 году — Весту. Но все они были очень маленькие — около нескольких сотен километров в диаметре. А ведь между Марсом и Юпитером ожидалась настоящая, полноценная планета. Ей даже название дали — Фаэтон.

С 1845 года начался новый поток открытий малых

планет, получивших название астероидов. В 1852 году их насчитывалось 20, а к 1870 году — 110. К 1938 году число малых планет достигло 1500, и эта зона Солнечной системы получила название пояса астероидов. А как же Фаэтон? Даже сегодня есть ученые, которые считают, что Фаэтон был. Был, а потом взорвался, таким образом и появились астероиды в этом районе.

С развитием физической оптики, как мы уже говорили, представилась возможность фотометрических наблюдений, а также закономерностей поведения отраженного от планет солнечного света. Благодаря этому удалось, в частности, выявить, что поверхность Луны совсем не гладкая, а похожа как бы на поверхность вулканической пемзы. Фотометрические наблюдения позволили выяснить, что кольца Сатурна состоят из отдельных небольших тел. Ученые определили, что поверхность Венеры скрыта от нас мощным слоем облаков. Используя чувствительные приемники тепла — радиометры, конечно же в сочетании с телескопами, астрономы определили температуру поверхности Меркурия. Она оказалась равной 400 градусам Цельсия. Анализ спектров дал возможность получить кое-какие сведения о химическом составе атмосфер Марса, Венеры, Юпитера, Урана, Сатурна.

Но телескопы имели свой предел, свои ограничения. Одно из самых серьезных препятствий — земная атмосфера. Каждый, кто в ясный и жаркий летний день смотрел на вспаханное поле, видел, как «дрожит» над ним воздух. Это происходит потому, что лучи света поразному преломляются, проходя через слои воздуха с различной температурой. Так вот, на пути луча зрения телескопа, пронизывающего всю толщу земной атмосферы, всегда найдутся участки атмосферы с коэффициентом преломления света, отличающимся от среднего. Этот факт связан с так называемыми турбулентными движениями воздуха в атмосфере, которые хорошо известны каждому летавшему в самолете. Тряска и «воздушные ямы» также вызваны турбулентными движениями.

Поэтому атмосферное дрожание сильно мешает при наблюдениях небесных тел. Кроме того, сама атмосфера Земли обладает заметным поглощением, поскольку содержит и пары воды, и углекислый газ. Короче говоря, в XX веке стало ясно, что средства наземного исследования планет — телескопы имеют свои вполне определенные ограничения.

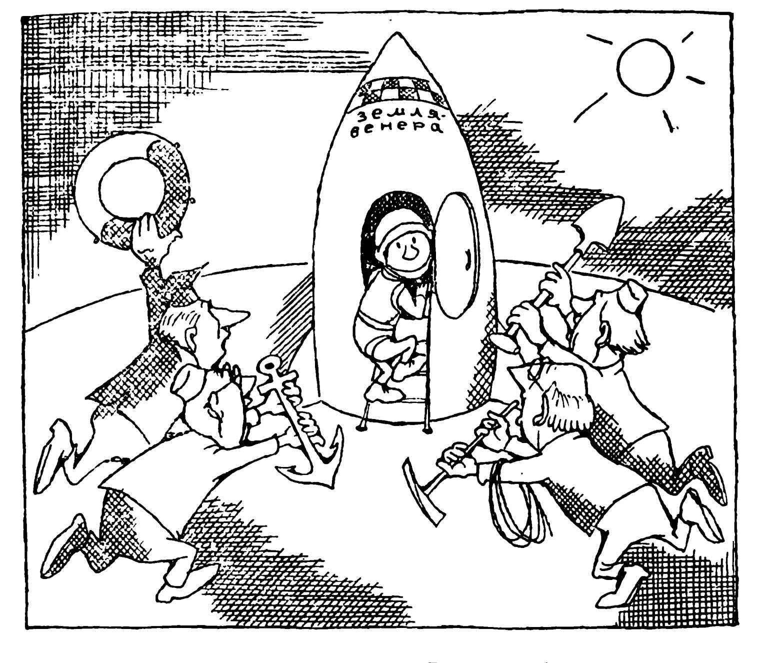
Но тем не менее за триста с лишним лет исследования планет с помощью телескопов дали человечеству огромную информацию. Мы поняли, как устроена Солнечная система, узнали, сколько в ней больших и малых планет. Теперь на повестку дня выступила проблема детального изучения свойств планет Солнечной системы. Но эта проблема могла быть решена только после того, как человек овладел космической техникой.

Автоматы в космосе

О космических исследованиях написано много книг, и поэтому я остановлюсь здесь на наиболее важных, эпохальных экспериментах, проведенных при помощи космических аппаратов. Конечно, при оценке важности того или иного космического запуска к планетам всегда присутствует элемент субъективности. Это, вообще говоря, относится не только к космическим исследованиям. Ф. Хойл, например, со свойственной ему категоричностью говорил: «...Не верю, что из исследований кучи шлака, которую представляет собой поверхность Луны, выйдет что-нибудь путное». Знаменитый астрофизик считал, что гораздо важнее исследовать звезды, а не планеты, и не стеснялся ругать Национальное управление США по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) за то, что оно недостаточно финансирует астрофизиков.

Мы, однако, не будем обсуждать, что важнее, например, изучение Луны или Венеры. Побеседуем сейчас об исследованиях Венеры, Марса и планет-гигантов. Венера особенно интересна потому, что это практически двойник Земли по массе и размерам. Марс традиционно интересен в связи с проблемой возможного существования жизни на нем. Ну а планеты-гиганты — особые миры, совсем непохожие на «кучи шлака» — планеты земной группы (Меркурий, Венера, Земля и Марс). Начнем с нашей ближайшей соседки — Венеры.

Итак, во второй половине пятидесятых годов в научной печати появились первые сообщения о том, что температура поверхности Венеры гораздо выше, чем думали раньше, — несколько сот градусов по шкале Цельсия. Эти результаты, полученные с помощью радиотелескопов, прозвучали как гром среди ясного неба. Ведь еще совсем недавно считалось, что на Венере есть жизнь, а уж в том, что ее поверхность покрыта океанами, мало кто сомневался. Именно поэтому на первых космических



аппаратах, направляющихся к Венере, были установлены датчики фазового состояния поверхности. Ведь надо было знать, сел корабль на твердую поверхность или окунулся в венерианское море.

Но начиная с 1967 года, на автоматической станции «Венера-4» и на всех последующих этих датчиков уже не было. Ясно, что при температуре поверхности около 480 градусов Цельсия ни о каких океанах не может быть и речи. На этой станции и на всех последующих стояла мощная тепловая защита.

Так что же мы хотели узнать о Венере и что знаем о ней сегодня, через 15 лет ее исследования с помощью космических станций?

Мне хочется прежде всего вспомнить, как принималось решение о составе научной аппаратуры на космическом аппарате. Ведь и вес и энергопотребление имели очень жесткие пределы, а желающих «прописать» свой прибор на борту станции было всегда более чем достаточно, по вполне понятным причинам.

Поэтому, когда планировался очередной запуск, у М. Келдыша собирался совет, на котором и выносилось окончательное заключение по поводу научной програм-

мы. Нельзя не сказать о том, что всех присутствовавших на заседаниях этого совета поражала быстрота и точность, с которой Келдыш мог оценить важность какой-либо научной проблемы. Блистательный математик, теоретик космонавтики, он с удивительной интуицией замечал и слабые и сильные стороны космических экспериментов. Но кроме этого, он всегда оказывал большую конкретную помощь экспериментаторам.

Ведь что греха таить! От идеи проведения какого-нибудь космического эксперимента до ее воплощения в бортовой прибор, «в металл», как принято говорить, лежит очень тяжелая дорога. Попробуйте уговорить руководителя предприятия изготовить прибор в космическом исполнении. Здесь даже неважно, о каком приборе идет речь. Важно следующее. Допустим, нужно провести масс-спектрометрический анализ воздуха в комнате. Лабораторный серийный образец прибора для таких целей весит, как правило, от 100 до 500 килограммов, а для анализа воздуха на Венере на борт надо поставить прибор с точно такими же характеристиками, а иногда и с лучшими, но весом не более 10 килограммов. Поэтому размещение заказа на каком-нибудь предприятии — дело, скажем прямо, нелегкое.

Руководство предприятия, как правило, принимало экспериментаторов хорошо. Как-никак «фирма» солидная — Академия наук СССР. Все понимают: вопрос важный, престиж советской науки — дело нешуточное. Секретарши носят чай с печеньем, обед в директорской столовой, десерт. Разговор иногда продолжается не один день. В кабинете слышатся слова «приоритет», «престиж», «интересно», «важно». Но в конце концов тональность разговора меняется. «А если прибор пойдет «на полку»?» — лукаво спрашивает директор предприятия? В переводе на русский язык это означает: «Вдруг прибор не полетит?»

Вы начинаете уверять, что прибор полетит обязательно, что это важный эксперимент, что вся прогрессивная научная общественность уже давно ожидает проведения именно этого эксперимента и т. д. и т. п. Мало того. Вы говорите, что предприятию, где вы хотите разместить заказ, будет оказана всяческая помощь, что Келдыш позвонит министру.

И действительно, если Келдыш был убежден в важности эксперимента, он и звонил, и писал, и встречался с людьми самого высокого ранга, и вы получали воз-

можность разместить заказ и в конце концов иметь прибор в космическом исполнении.

В изучении Венеры особенно острая ситуация сложилась к 1978 году. До сих пор Венера была «вотчиной» советской космической техники. Мы многое узнали об этой планете. Удалось выяснить, что основным компонентом атмосферы является углекислота, узнали температуры поверхности и атмосферы, получили уникальные снимки поверхности планеты. Оказалось, что в атмосфере Венеры очень мало воды.

На повестку дня стал вопрос о проведении нового цикла экспериментов, на более высоком уровне, с большей точностью и чувствительностью. Это было тем более необходимо потому, что американские ученые запускали к Венере свой аппарат под названием «Пионер-Венера». Итак, «Венера-11» и «Венера-12», с одной стороны, и «Пионер-Венера» — с другой, — взаимная проверка научных данных. Да и посадка на Венеру почти в одно и то же время.

Наши станции были сконструированы таким образом, что они совершали мягкую посадку и часть приборов могла работать на поверхности планеты. Это было достигнуто при помощи системы тормозных парашютов, а после того, как они отстреливались, посадочный аппарат тормозился опоясывающим его металлическим щитком (конструкторы называли его тормозной юбкой, а более решительные люди просто мини-юбкой). Такая схема посадки имела существенные преимущества перед проектом американцев, поскольку она давала возможность получить большое количество информации на траектории спуска и на поверхности. В частности, наши станции сумели проанализировать химический состав облачного слоя.

Американцы пошли по другому пути. У них был большой космический аппарат, из которого выбросили три маленьких и один исследовательский зонд побольше. На всех зондах была установлена научная аппаратура. Зонды прошли всю атмосферу Венеры до самой поверхности; при столкновении с поверхностью Венеры все они, кроме одного, погибли: скорость соударения достигала 11 метров в секунду. Один маленький зонд «жил» на поверхности 67 минут. Какая же научная аппаратура была на аппаратах и что нового мы узнали о Венере после этих космических запусков?

Приборов было много, и я буду говорить лишь о самом главном.

Во-первых, и у нас и у американцев для анализа химического состава атмосферы использовались масс-спектрометры и газовые хроматографы. Эти приборы обладают очень высокой чувствительностью и позволяют обнаруживать в смеси газов примесь, концентрация которой составляет примерно одну миллионную часть, а масс-спектрометры способны еще проводить изотопный анализ благородных газов. Почему этот анализ очень важен?

Мы хорошо знаем, что в атмосфере Земли, например, много аргона. Но этот аргон состоит из двух изотопов. Один получается в результате распада в земной коре калия-40, который превращается в аргон с атомным весом 40, а второй изотоп, его называют нерадиогенным, или первичным, имеет атомный вес 36. Первого в атмосфере Земли почти в 300 раз больше, чем второго. Поскольку благородные газы практически не участвуют ни в каких химических реакциях, они являются исключительно важными элементами, по содержанию которых можно судить об эволюции планеты, образовании ее атмосферы и т. д.

Именно поэтому масс-спектрометрические измерения и принесли самые сенсационные результаты.

Кроме масс-спектрометров и газовых хроматографов, на советских космических аппаратах стояли спектрофотометры — оптические приборы, определяющие поглощение солнечного излучения в атмосфере Венеры в различных диапазонах длин волн. Это был тоже очень интересный эксперимент, поскольку различные примеси в атмосфере имеют свою характерную длину волны поглощения. Поэтому результаты экспериментов использовались не только для оценки свойств атмосферы Венеры в целом и теплового режима планеты, но также и для определения некоторых малых примесей в атмосфере. На наших станциях стояли приборы для изучения электрической активности атмосферы, а попросту говоря, ученые хотели узнать, есть ли на Венере грозы. Изучался химический состав облачного слоя, оптические свойства частичек, слагающих его.

Даже этот далеко не полный перечень научной аппаратуры дает нам хорошее представление о том, какой гигантский труд затрачивают разработчики и конструкторы научной аппаратуры для космических исследова-

ний. Ведь все эти сложнейшие приборы размещаются в шарике диаметром чуть более метра! А кроме всего прочего, каждый прибор должен выдерживать значительные перегрузки. Чтобы читателю стало ясно, какие требования предъявляются к космической аппаратуре, я приведу лишь один пример, касающийся устойчивости работы прибора после динамических перегрузок, неизбежных при входе в плотные слои атмосферы и при отстреле тормозных парашютов.

Так вот, устойчивость любого прибора в этом случае должна быть такова, что, если его сбросить с высоты около одного метра на стальную плиту, он должен полностью сохранить свою работоспособность.

Поэтому, прежде чем перейти к результатам, полученным при помощи космических аппаратов, я не могу не рассказать о том, как «рождался» газовый хроматограф для изучения Венеры. Тем более что история с нашим газовым хроматографом имела интригующее продолжение.

Нужно сказать, что прибор подобной сложности (я имею в виду чисто механическую часть прибора) должен был лететь впервые. Коллектив разработчиков прибора, которым руководил Б. Охотников, трудился дни и ночи. Люди не выходили из лаборатории сутками. Большую помощь оказывал нам академик Р. Сагдеев, его заместитель В. Золотухин и главный конструктор станций «Венера-11, 12».

Наконец «кастрюля», как любовно, но непочтительно называли мы газовый хроматограф, заработала. Нужно сказать, что принцип действия газового хроматографа очень прост. Вы запускаете исследуемую смесь газов в длинную трубочку, заполненную каким-нибудь сорбентом, к примеру обычным углем, и, поскольку каждый газ в смеси сорбируется по-разному, на выходе из трубочки, ее называют колонкой, вместо смеси вы получаете отдельные компоненты. Но все просто только на словах. Колонка должна все время продуваться газом. В приборе масса кранов, он должен быть герметичен; в нем сложнейшая электроника, автономный блок управления, память, и все это весило около десяти килограммов.

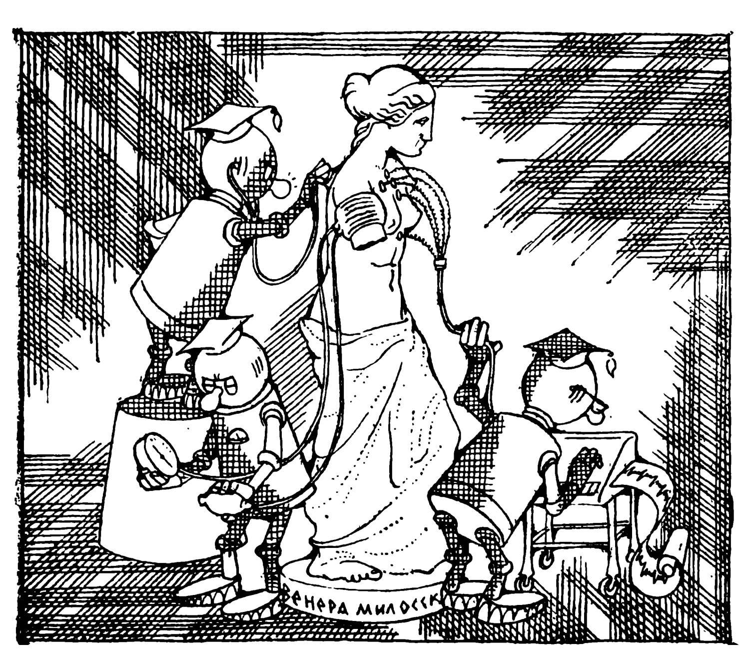
«Кастрюлю» (она получила кодовое название «Сигма») поставили на стол, который окружило со всех сторон большое начальство. «Пускайте», — сказал Охотников нервно. На контрольном пункте управления зажглась лампочка, и чудо техники грустно вздохнуло.

«Это что еще такое?» — с подозрением спросило начальство. «Газ пошел». — «Ну-ну», — сказало начальство, проявляя свою научную эрудицию. А «Сигма» тем временем выполняла цикл измерений. Переключались краны, со вздохом выходил газ из линии сброса. «Да, такого еще у нас не было», — задумчиво сказал главный конструктор. Я подумал, что в этот момент у него возникли сомнения в успехе миссии: уж очень одушевленно вел себя прибор.

«Конечно, не было», — скромно сказал Охотников. «Но ведь должны же мы идти вперед», — добавил я и заслужил одобрительный взгляд начальства.

Короче говоря, после двух лет напряженнейшей работы прибор полетел. И когда наконец в Центре дальней космической связи пошла лента с информацией от «Сигмы», мы все были просто счастливы.

Это лишь сейчас, спустя несколько лет, можно писать обо всех сложностях в полушутливом тоне. А тогда нам было не до шуток. Обнаружились серьезнейшие разногласия между данными нашей «Сигмы» и американским газовым хроматографом. В числе малых примесей в атмосфере Венеры мы обнаружили угарный газ и уста-

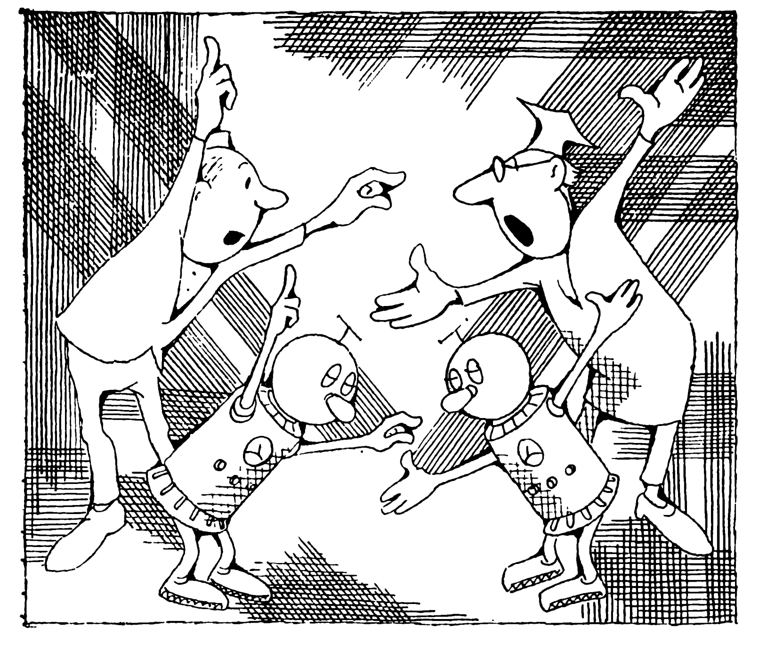


новили, что кислород практически отсутствует. Американские исследователи В. Ояма и М. Карле написали в своей статье, что угарного газа нет вообще, а кислорода в атмосфере Венеры содержится немало. Что значит немало? Около одной десятитысячной доли.

«Подумаешь, — скажет неискушенный человек, — ведь это пустяки». Но это были отнюдь не пустяки. Именно такая комбинация — отсутствие окиси углерода и наличие кислорода — ставила перед геохимиками исключительно сложные задачи. Поэтому разногласия между результатами двух приборов оказались в центре внимания.

Началась круглосуточная работа по повторным послеполетным калибровкам прибора. Мы были уверены в наших результатах. Но, честно говоря, ситуация оставалась весьма скользкой. Дело в том, что Ояма уже имел значительный опыт космического приборостроения. Он участвовал в создании сложнейшего прибора для «Викингов», исследовавших Марс, хроматомасс-спектрометра (сочетание газового хроматографа с масс-спектрометром). У нас же «Сигма» была первой «пробой пера». Вполне естественно, что акции Оямы на мировой научной бирже котировались выше. А тут еще у нас затевалась совместная работа с французами, которые стали весьма косо смотреть на меня. Профессор Ж. Гюйшон — научный руководитель с французской стороны и мировая величина в области газовой хроматографии — не поленился слетать в Сан-Франциско к Ояме и проверить все данные. «У Оямы не может быть ошибки», — сказал он мне весьма категорическим тоном, вернувшись из США. «Думаю, что у нас тоже нет ошибки», — сказал я ему. Гюйшон пожал плечами.

Шли месяцы. Я полетел в командировку во Францию для обсуждения планов совместных работ. Совещания проходили в Центре космических исследований в Тулузе. Место удивительной красоты, каждое здание Центра носит имя великого французского ученого. Наши заседания, например, проходили в «Лагранже». Французскую делегацию возглавлял член академии «бессмертных», кавалер ордена Почетного легиона Ж. Бламон. Дело уже подходило к концу, через несколько дней надо было улетать. На одном из вечерних заседаний Бламон отвел меня в сторону и сказал: «Завтра у меня будет для вас важная информация. Мне звонили из США, Ояма подготовил какое-то письмо. Что в нем, я не знаю, но завтра



телекс будет здесь». Нужно ли говорить, в каком состоянии я находился до следующего дня?

Во время утреннего заседания я все время выходил в коридор покурить. Наконец я увидел Бламона, быстро идущего ко мне с какой-то бумагой. «Ояма ошибся, — сказал он улыбаясь. — Ваши результаты верные».

Что же произошло? Как объяснял мне потом Ж. Гюйшон, немедленно снова слетавший к Ояме, американцы чересчур доверились машинной технике вывода и обработки информации. Они не сочли нужным проверять машину, а она спутала сигнал от угарного газа и выдала его как сигнал от кислорода. Только через несколько месяцев Ояме удалось установить эту ошибку. Я не могу не сказать о том, что от Оямы потребовалось большое мужество и честность настоящего ученого, чтобы публично признать все это и разослать письма исследователям Венеры.

Некоторые разногласия с Оямой остались и до сегодняшнего дня. Он дает очень большое содержание воды в атмосфере Венеры. Все другие приборы на этом объекте показали гораздо более низкие концентрации водяного пара.

Но вернемся теперь к масс-спектрометрии. Я уже говорил, что, по-моему, результаты масс-спектрометров — центральное событие и в советской и в американской космической миссии. На всех аппаратах был зарегистрирован значительный избыток нерадиогенных, первичных изотопов неона, аргона и криптона по сравнению с земной атмосферой. Причем этот избыток нешуточный: аргона и неона в атмосфере Венеры почти во сто раз больше, чем на Земле.

После получения этих данных узел уже имевшихся противоречий затянулся еще туже. Ну посудите сами. На Земле океаны, на Венере — горячая сухая атмосфера, поверхность раскалена. Где вода? Ведь планеты-то практически одинаковы по массе и размерам. Венера только расположена поближе к Солнцу.

Казалось бы естественным предположить, что вещество Венеры было изначально обеднено водой из-за более высоких температур. Но тогда спрашивается, почему же запасы углекислоты и азота на Земле и Венере примерно одинаковы, а первичных газов в сто раз больше на Венере? Ведь именно эти газы должны были бы (из-за более высоких температур) еще на стадии сборки планеты утеряться в первую очередь, еще раньше, чем вода. Обсуждая все эти вопросы, я вспоминаю, что еще много лет назад известный американский экзобиолог и планетолог К. Саган, суммируя все эти проблемы, опубликовал статью под названием «Загадки Венеры». Приходится констатировать, что спустя почти десять лет после появления этой статьи число загадок не уменьшилось.

К сегодняшнему дню появилось около десятка статей, в которых предлагаются различные объяснения этого поразительного факта. Заметим сначала, что и в масс-спектрометрических экспериментах по количественной оценке содержания благородных газов в атмосфере Венеры между советскими и американскими данными есть существенное расхождение. Согласно данным станций «Венера-11, 12» содержание криптона на Венере примерно в 50 раз больше, чем показал масс-спектрометр «Пионер-Венера». Это очень существенный момент, но, к сожалению, сейчас еще нельзя сказать, кто прав, поскольку и в результатах станций «Венера-13, 14» также существуют некоторые противоречия.

Приборы обнаружили в атмосфере Венеры двуокись серы и чистую серу. Первое соединение зафиксировали

газовые хроматографы, а второе — спектрофотометр. Как раз двуокись серы участвует в цикле фотохимических реакций, приводящих к появлению серной кислоты в облаках Венеры.

Но «Венеры-11, 12» преподнесли и новые сюрпризы. Оказалось, что сера не может быть основным компонентом облачного слоя. В облаках обнаружено много хлора. В научной печати появились сообщения о том, что в облаках есть железо. Тогда часть облачного слоя может состоять из гидратированной соли железа — хлорного железа, которая присоединяет к себе несколько молекул воды.

Но и в этом случае ни хлорное железо, ни серная кислота не могут согласно проведенным оценкам составить основную массу облаков Венеры. Поэтому вопрос о химическом составе аэрозольной фазы облаков можно сейчас считать решенным лишь наполовину. Правда, сегодня данные аппаратов «Венера-13, 14» вновь возвращают нас к сернокислотной модели облаков.

Исключительно интересным, но лишь в известной мере неожиданным было открытие на Венере сильной электрической активности. Природа венерианских молний до конца неясна и сегодня. Грозы на Венере и чаще и сильнее, чем на Земле. Нельзя исключить того, что электрические разряды в облаках играют большую роль в химии облачного слоя.

Совершенно сенсационными оказались результаты станций «Венера-13, 14», которые сумели снять впервые в истории космических исследований цветные панорамы Венеры и проанализировать при помощи буровой установки, соединенной с рентгенофлуоресцентным спектрометром, химический состав грунта Венеры.

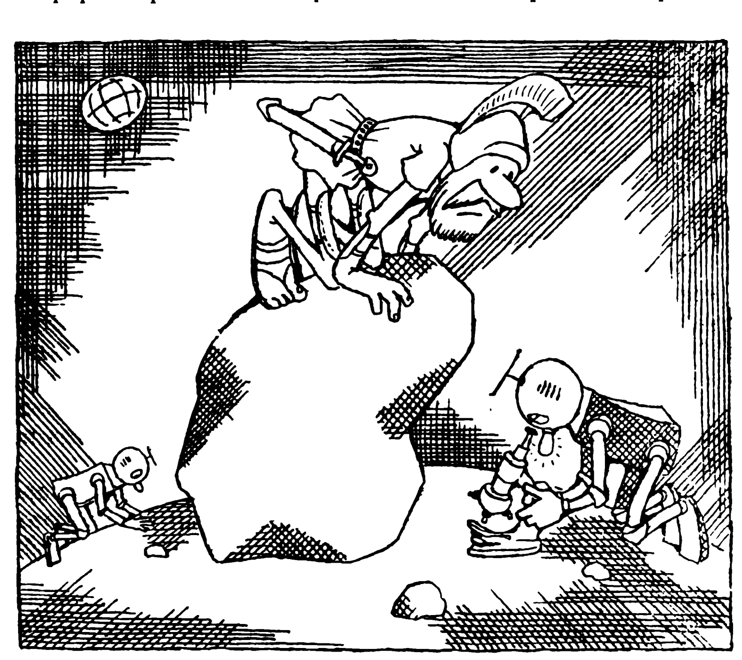
Сложность этого эксперимента трудно себе вообразить. Ведь пробы грунта брали при температуре около 500 градусов Цельсия и давлении окружающего воздуха почти в сто атмосфер. А сам анализ пробы необходимо проводить при пониженном давлении. Поэтому вся система эксперимента отрабатывалась долгие годы. Были получены спектры образца грунта и установлено, что грунт Венеры похож на земные щелочные базальты.

Нет жизни на Марсе

Исследование этой планеты средствами космической техники началось давно, около двадцати лет назад. 1 ноября 1962 года в Советском Союзе была запущена к

Марсу первая станция «Марс-1». Марс дальше от Земли, чем Венера, поэтому запуски к нему — задача более технически сложная, чем запуски к Венере. «Марс-1» держал связь с Землей до расстояния 106 миллионов километров, но, когда вплотную приблизился к Марсу, связь прервалась. Запуск первого американского аппарата к Марсу «Маринера-3» был неудачным, но «Маринер-4» 15 июля 1965 года с расстояния примерно 10 тысяч километров передал на Землю около 20 фототелевизионных изображений Марса. В дальнейшем к Марсу было запущено шесть советских и четыре американских космических аппарата.

27 ноября 1971 года от станции «Марс-3» отделился спускаемый отсек и совершил мягкую посадку на поверхность красной планеты. К сожалению, удалось передать на Землю лишь несколько строк фототелевизионных сигналов, а затем передача прекратилась. Но на орбитальном аппарате «Марс-3» удалось провести важные эксперименты по изучению температуры, тепловых свойств, структуры и рельефа поверхности, характеристик атмосферной пыли, содержанию паров воды в атмосфере. Проводилась фотосъемка поверхности красной



планеты. Много интересной информации принес искусственный спутник Марса «Маринер-9». Американским ученым удалось получить фототелевизионные изображения всей планеты, причем разрешение при съемках некоторых участков достигало 100 метров.

А в 1974 году спускаемый аппарат советской станции «Марс-6» вновь совершил посадку на поверхность красной планеты. Во время спуска впервые изучалась структура марсианской атмосферы.

Но человечество всегда волновал вопрос о том, есть ли жизнь на Марсе. И поэтому бесспорно кульминационным шагом в изучении Марса был проект «Викинг», готовившийся более 10 лет.

Нам были хорошо известны детали этого проекта. Американские ученые обсуждали с нами различные аспекты экспериментов по обнаружению жизни. Особенно мне запомнились беседы с американским микробиологом В. Вишняком. Он разработал прибор, который мог фиксировать практически отдельные микробные клетки. Испытывал он этот прибор в Антарктиде и там, провалившись в глубокую ледяную трещину, погиб. Прибор был назван в его честь еще при жизни «Ловушкой Вольфа», но, к сожалению, не был поставлен на борт «Викингов». Я говорю «к сожалению», потому что, быть может, именно этот прибор помог бы решить загадку жизни на Марсе.

Итак, «Викинги» и поиск жизни на Марсе. Во второй половине 1976 года на поверхность Марса были доставлены две американские автоматические станции «Викинг-1» и «Викинг-2», оснащенные научной аппаратурой для изучения поверхности и атмосферы планеты.

По словам руководителей проекта «Викинг», задачей номер один был поиск жизни. Вообще говоря, информация, которая была собрана о Марсе еще до «Викингов», не противоречила возможности существования здесь простейших форм жизни. Однако уточнение природных условий планеты, которое входило в программу экспедиции, имело огромное значение не только для решения поставленной «сверхзадачи».

«Викинги» выполнили множество экспериментов, среди которых одним из главных было фотографирование марсианской поверхности. Снимки, сделанные с орбитальных аппаратов и непосредственно с посадочного модуля, содержат очень ценную научную информацию. Например, перед выбором места посадки «Викингов»

были тщательно исследованы участки планеты площадью около 4,5 миллиона квадратных километров. Это позволило получить новые сведения о поверхности Марса.

С помощью масс-спектрометрического анализа удалось определить химический и изотопный состав атмосферы Марса. Главный ее компонент — углекислый газ. Аргона около 1,5 процента, азота около 2 процентов, обнаружены следы кислорода, озона и окиси углерода.

При анализе соотношения изотопов азота и аргона оказалось, что оно резко отличается от земного. Атмосфера Марса обогащена по сравнению с Землей изотопами аргона-40 и азота-15. Дело в том, что из-за меньшего притяжения на Марсе легкие газы, в частности изотопы азота, могут покидать атмосферу и уходить в космическое пространство. Естественно, что скорости этого процесса для азота-14 и азота-15 различны, поэтому марсианская атмосфера беднее азотом-14. Отсюда следует вывод, что пути эволюции марсианской и земной атмосфер были разными.

Предварительный анализ полученных данных позволяет считать, что атмосфера Марса в прошлом была более плотной и давление у поверхности могло достигать 2 бар, в то время как сейчас оно всего 6 миллибар. Если эти данные верны, то Марс претерпевал за свою историю значительные изменения климата.

Эксперименты «Викингов» по поиску жизни на Марсе делятся на две группы.

Первая — анализ проб грунта на присутствие в нем органических молекул. Эти опыты проводили при помощи бортового хроматомасс-спектрометра весьма высокой чувствительности: многие соединения выявляются этим прибором даже в том случае, если присутствуют в пробе в количестве, меньшем чем одна часть на миллиард. Что же это за прибор?

Он представляет собой хроматографическую разделительную колонку, соединенную со входом в ионный источник миниатюрного масс-спектрометра. Начальный участок колонки связан с печкой, в которой сжигаются пробы марсианского грунта. При сжигании сложных органических соединений обычно образуются летучие вещества — нитрилы, альдегиды, бензол и другие достаточно простые продукты. Попадая все вместе в хроматографическую колонку, они разделяются по времени

выхода из этой колонки, и поэтому масс-спектрометр анализирует не сложную смесь веществ, а индивидуальные простые соединения, спектры которых хорошо известны.

Руководители программы «Викинг» исходили из естественного предположения, что, если жизнь на поверхности Марса существует, ей должны сопутствовать достаточно сложные органические соединения. Действительно, на Земле мы всегда встречаем продукты деградации и метаболизма микрофлоры, и поэтому органические остатки на поверхности нашей планеты встречаются практически повсеместно. Но очень чувствительный прибор на «Викингах» не обнаружил в грунте никаких органических молекул. Была зафиксирована лишь вода в совсем малых дозах, 0,1—1 процент.

Эти результаты (они были одними из первых переданных на Землю) нанесли сильный удар по оптимизму сторонников «жизни на Марсе». Ведь исследователи рассчитывали обнаружить на поверхности Марса хотя бы продукты абиогенного синтеза, которые в принципе могут образовываться из атмосферных компонентов под действием ультрафиолетового излучения. Правда, концентрация таких соединений должна быть очень низкой, поскольку создающий их ультрафиолет оказывает одновременно и сильное разрушающее действие.

Поэтому руководители программы решили «копнуть» глубже — взять пробу на анализ из-под камня, где органические соединения защищены от ультрафиолета и должны были бы сохраниться. Но и здесь ученых постигла неудача. В этой пробе органики также не было.

Казалось, вопрос решен: Марс — биологически мертвая планета. Но тут на Землю стала поступать информация, получаемая в результате других экспериментов, чисто биологических. Этих экспериментов было три.

Первый состоял в изучении фотосинтетического усвоения гипотетической марсианской микрофлорой меченых углекислоты и окиси углерода ($^{14}CO_2$ и ^{14}CO). Пробы грунта поместили в небольшой замкнутый объем (камеру). В камере смонтировали миниатюрный осветитель, имитирующий солнечный свет, а внутрь вместо марсианского воздуха вводили $^{14}CO_2$ и ^{14}CO. Авторы этого эксперимента предполагали, что, если в пробе грунта содержатся микроорганизмы, под действием солнечного света они могут усваивать $^{14}CO_2$ и ^{14}CO, включая в мо-

лекулы клеточного вещества радиоуглерод из газовой фазы.

После экспонирования на свету образцы грунта нагревали. Сначала при нагревании и продувке инертным газом удалялись все исходные и сорбированные газы. Затем температура повышалась до 600 градусов Цельсия и происходило пиролитическое разложение гипотетических марсианских микроорганизмов, при котором должна была бы выделяться усвоенная ими углекислота с радиоуглеродом. Для фиксации этого меченого радиоуглерода служил счетчик радиоактивности, который и зарегистрировал искомый сигнал. Контрольный образец, прошедший предварительную термическую обработку, дал отрицательный результат.

Во втором эксперименте изучали хорошо известный для земных условий факт «дыхания грунта». Если взять образец грунта и увлажнить его, процессы жизнедеятельности микроорганизмов в этом образце как бы усиливаются, активнее выделяются газы: азот, углекислота, кислород. Приборы «Викингов» зарегистрировали выделение из увлажненной пробы кислорода и углекислоты.

В третьем опыте к пробе грунта добавлялась питательная жидкая среда, содержащая меченые радиоактивные соединения — аминокислоты, лактат и прочие. Этот метод широко используют микробиологи для изучения обмена веществ у земной микрофлоры. Микроорганизмы, усваивая эти соединения, окисляют их до углекислоты, которая радиоактивна, так как содержит ^{14}C. На «Викингах» счетчики радиоактивности зарегистрировали рост счета импульсов, что может свидетельствовать о присутствии в пробе микрофлоры.

Хорошо известно, что каждый биологический эксперимент требует контроля. Как были организованы контрольные опыты на «Викингах»? Те же самые процедуры, о которых мы только что говорили, дублировались на образцах, предварительно нагретых до 170 градусов Цельсия. Если в этих пробах и была жизнь, построенная по земному образу и подобию, она бы погибла при нагревании. Значит, все процессы обмена и усвоения не должны были происходить, и соответственно нельзя в этом случае было ожидать сигналов от датчиков во всех трех биологических экспериментах.

Так вот, самым интересным было то, что сигналы от датчиков в опытах с предварительно простерилизован-

ным при температуре 170 градусов Цельсия образцом отсутствовали.

Итак, налицо противоречие. Хотя кривые, фиксирующие выделение $^{14}CO_2$, и непохожи на те, которые получаются на Земле, но рост количества меченой углекислоты очевиден, и вся серия биологических экспериментов как будто не согласуется с хроматомасс-спектрометрическим анализом.

Попробуем разобраться в этом противоречии. Здесь открываются, по крайней мере, две возможности. Первая состоит в том, что следует принять вывод: жизни на Марсе нет (по крайней мере, в местах посадки «Викингов»).

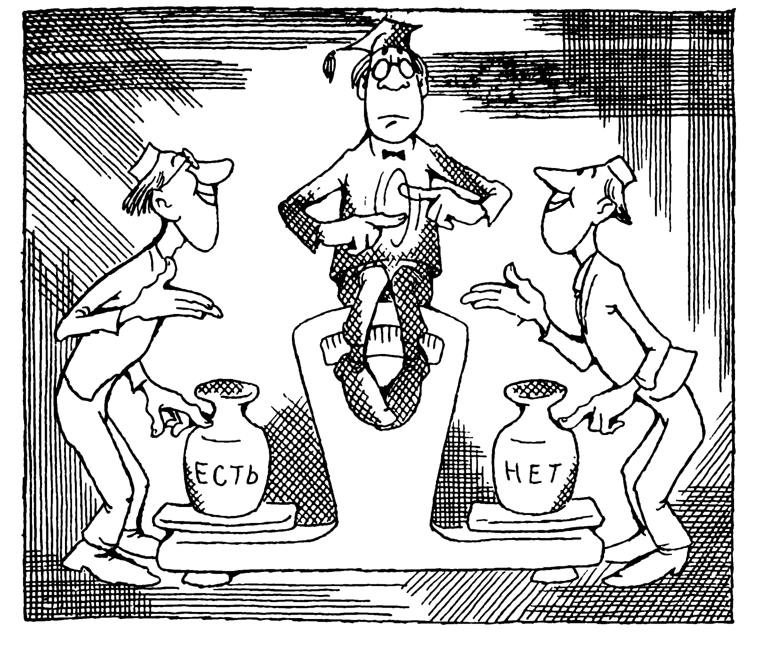
В этом случае результаты биологических экспериментов могут быть объяснены следующим образом: меченые соединения, содержавшиеся в жидкой питательной среде, были окислены до $^{14}CO_2$ чисто неорганическим путем. Из-за отсутствия на Марсе защитного озонового экрана на поверхность планеты падает поток жесткого ультрафиолетового излучения Солнца. При облучении ультрафиолетом минералы Марса могут сильно изменять свои свойства. На их поверхности могут образовываться активные центры, придающие минералам свойства сильных катализаторов, ускоряющих разнообразные химические реакции. Подобный эффект вызывает не только ультрафиолет, но и потоки электронов и гамма-лучей.

В нашей лаборатории совместно с Институтом атомной энергии в подтверждение этой гипотезы был поставлен следующий эксперимент. Проба грунта облучалась потоком быстрых электронов и гамма-квантов. Таким образом мы моделировали условия, в которых находится марсианский грунт. Затем проба увлажнялась. И вот на активных центрах, которые образовались после облучения, начиналось разложение воды на водород и кислород. Так нам удалось доказать, что сигналы от приборов могли иметь «неживую основу».

Вторая возможность — сделать вывод, что жизнь на Марсе есть.

Но как же отнестись в этом случае к результатам хроматомасс-спектрометрии? Объяснение может быть найдено и тут.

Если концентрация клеток в марсианском грунте низка, например, как у нас в Антарктике, то тогда хроматомасс-спектрометры «Викингов» могли «не почув-



ствовать» этих клеток. А биологические тесты? Они нацелены на изучение результатов длительного процесса, когда даже одна клетка может заметно изменить состав питательной среды. Но ведь кривая на рисунке выходит на плато, что означает прекращение жизнедеятельности. Может ли это быть?

Представим себе такую ситуацию: марсианские микроорганизмы находились в анабиозе. После того как они «проснулись» в посадочном модуле «Викинга» в условиях земной питательной среды, они начали поглощать незнакомую пищу. Началось выделение $^{14}CO_2$ в газовую фазу. Но пища оказалась неприемлемой для инопланетной микрофлоры. Произошло отравление, и марсианские микроорганизмы погибли. Рост меченой углекислоты прекратился.

Как мы видим, интерпретация результатов может быть взаимоисключающей.

Возникает естественный вопрос: можно ли предусмотреть ситуацию, когда один эксперимент (хроматомасс-спектроскопия) говорит с определенностью «нет», а другие (биологические) говорят «возможно»?

Об этом судить сейчас очень трудно. Руководители

программы «Викинг» провели громадную многолетнюю подготовительную работу, проверяя все приборы в крайне суровых климатических районах Земли. Мысль об особых свойствах поверхности Марса возникла лишь после получения информации с «Викингов»...

Так или иначе, строгого ответа на вопрос, есть ли жизнь на Марсе, «Викинги», к сожалению, не дали...

А в самое последнее время Национальный совет исследований США, тщательно проанализировав результаты «Викингов», пришел к выводу, что нет никаких доказательств жизни на Марсе. «Мы считаем поиск внеземной жизни в Солнечной системе законченным», — пишется в заключении совета. И тем не менее недавно в печати появились сообщения о том, что в 1994 году на Марс можно будет запустить космический корабль с людьми. В 1995 году экипаж, снабженный вездеходом, мог бы высадиться на Марс, поработать там около 20 дней, и затем, взяв на борт 300 килограммов грунта, вернуться на Землю. Как знать, может быть, это помогло бы решить загадку жизни на Марсе.

Но надежды на осуществление этого проекта практически нет. Сейчас Национальное управление США по аэронавтике и космонавтике получает от правительства все меньше денег на научные исследования. Число научных проектов резко сокращено, и можно с уверенностью сказать, что экспедиция с людьми отправится на Марс не скоро.

Свидания с гигантами

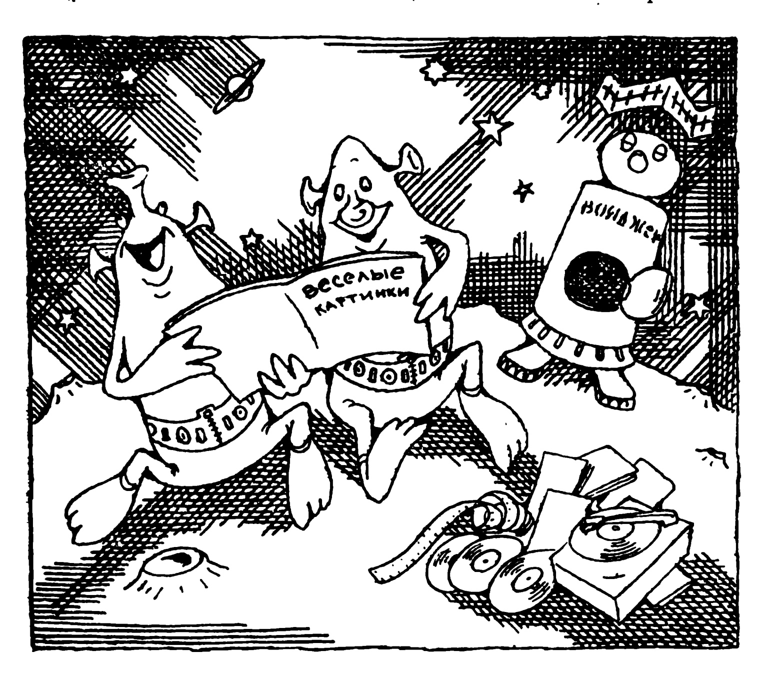
Два космических аппарата — «Пионер-10» и «Пионер-11» — прошли около Юпитера в 1973 и 1974 годах, а потом «Пионер-11» по команде с Земли направился к Сатурну. Затем исследование планет-гигантов продолжили космические аппараты «Вояджер» («путешественник»). «Вояджер-1» пролетел около Юпитера в марте 1979 года, а возле Сатурна в ноябре. «Вояджер-2» прошел около Сатурна в августе 1981 года, и ожидается, что в 1986 году он долетит до Урана. «Пионеры» и «Вояджеры» захватили с Земли послания к иным цивилизациям. Послание, отправленное на «Пионерах», представляло собой небольшую золотую пластину с очень краткой информацией о нашей планете, а на «Вояджерах» установили капсулы с довольно обширными сведениями не только о Земле, но и о ее обитателях. Инструк-

ция, содержащаяся в капсуле, символически объясняла родословную самого космического аппарата, назначение фотографий и звуковых записей на прилагаемом 12-дюймовом золотом диске.

Звуковые записи были двух категорий: музыка и шелест листвы, шум прибоя... Среди музыкальных записей на «Вояджере» три отрывка из произведений Баха, отрывки из музыки Бетховена, Моцарта, Стравинского; азербайджанские, негритянские, перуанские и многие другие песни. На отправленных в космос фотографиях были планеты Солнечной системы, математические определения, структура ДНК, схема Земли, дельфины и цветы, дети и старики, животные и города, самолеты, космонавты, страница из книги Ньютона «Система мира»...

Узнают ли представители иных миров об этой информации, не будем гадать. Лучше остановимся на том, что сообщили нам космические аппараты. «Пионеры» первыми вышли за орбиту Марса и пересекли пояс астероидов. На огромном расстоянии от Земли они мерили напряженность солнечного магнитного поля, плотность солнечного ветра, галактические космические лучи...

Крошечные пылевые частицы и мелкие метеориты на



«Пионерах» регистрировались двумя типами приборов: оптическими телескопами, замечающими солнечный свет, отраженный от частиц, и детекторами прямого счета частиц. Более 200 ячеек детектора, заполненных аргоном и азотом, были помещены на панели вне аппарата. Если пылинка весом более одной миллиардной грамма пробивала ячейку, начиналась утечка газа, пропорциональная размеру частицы.

Специалисты с нетерпением ждали вхождения аппаратов в пояс астероидов. Детектор частиц к июню 1972 года, то есть до вхождения корабля в пояс астероидов, зарегистрировал лишь 41 удар микрометеоритов. А когда «Пионер-10» заканчивал путь в первой половине пояса астероидов, было зарегистрировано почти столько же ударов — 42. Иначе говоря, число столкновений оказалось постоянным и независящим от того, находится корабль в поясе астероидов или нет, и, стало быть, для космических кораблей пояс астероидов не преграда.

Однако главные открытия были впереди: «Пионеры» передали на Землю уникальные фотографии Юпитера и деталей его атмосферы. Но все-таки «самое-самое» рассказали «Вояджеры». Космические аппараты такого типа стоят очень дорого, порядка двух миллионов долларов на килограмм массы научной станции. Было бы намного дешевле изготовить макет станции в натуральную величину из чистого золота.

При отборе экспериментов учитывался каждый грамм научного прибора и каждый милливатт потребляемой мощности. На станциях был установлен изотопный преобразователь энергии, который обеспечил работу всей научной аппаратуры «Вояджеров» и передачу огромного количества информации с расстояния примерно в полтора миллиарда километров. И все это потребовало около 500 ватт энергии — мощность хорошего утюга. Что же обнаружили «Вояджеры»?

Кольца Юпитера! Астрономы были уверены, что они есть только у Сатурна и Урана, но 4 марта 1979 года была обнаружена узкая кольцевая полоса вещества, отстоящая от центра Юпитера на 128 000 километров. Ее ширина всего несколько тысяч километров, а толщина (по различным оценкам) от 1 до 30 километров. Неудивительно, что наземная астрономия проглядела столь узкое и чрезвычайно разреженное кольцо. Космические же приборы поведали, что у Юпитера два кольца —

внутреннее (ширина 5000 километров) и внешнее (ширина 800 километров).

Судя по всему, кольца состоят из очень мелких, как пылевые частицы, обломков горных пород. Эти частицы движутся вокруг Юпитера по индивидуальным круговым орбитам с периодом 5—7 часов, и, что самое любопытное, их орбиты неустойчивы. Частички должны падать на Юпитер. А это значит, необходим источник, пополняющий вещество колец. Может, открытый «Вояджером» 14-й спутник Юпитера Адрастея медленно разрушается и поставляет материал кольцам?

И еще один феномен: на спутнике Юпитера Ио обнаружено по меньшей мере восемь действующих вулканов!

Были получены и переданы на Землю фотографии всех спутников Юпитера, заодно был открыт и новый. Уточнена структура колец Сатурна. В атмосфере Юпитера замечены огромные молнии.

А что нового в Большом красном пятне? Вот что: у атмосферы Юпитера очень сложная турбулентная структура. Вокруг Большого красного пятна двигаются малые пятна, взаимодействующие с ним и друг с другом. Разгул чудовищных вихрей в экваториальной области Юпитера хорошо виден в коротеньком фильме, смонтированном из переданных на Землю фотографических изображений. Уточнен и состав юпитерианского воздуха: отношение этана к ацетилену выше в полярных районах, а количество гелия всюду одинаково.

Обо всех этих открытиях и их возможной интерпретации мы поговорим в следующих главах, посвященных планетам Солнечной системы. По необходимости нам придется довольно бегло обсуждать удивительные открытия космической эры. Но надо учесть, что многие явления даже сейчас окончательно не объяснены, хотя, как сказал известный американский астроном Ф. Уиппл, после полетов «Вояджеров» «теоретики поспешно мобилизовали свои умственные способности, ручки и вычислительные машины...».

Я уверен в том, что результаты, полученные в 70-х и 80-х годах XX столетия, будут служить причиной постоянной «мобилизации» теоретиков еще многие десятилетия.

Глава IV

КАК ОТКРЫВАЛИ ПЛАНЕТЫ

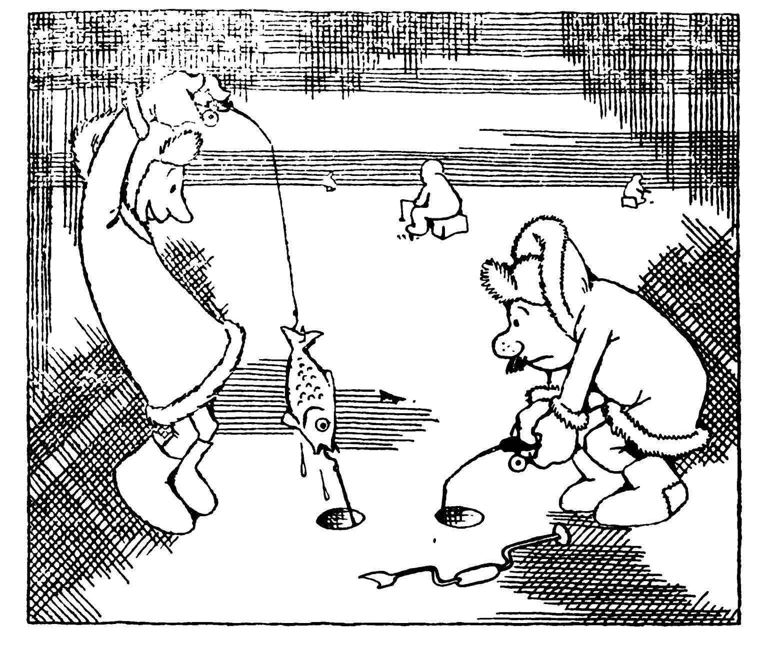
В одной из предыдущих глав мы совершили путешествие на 5 миллиардов лет назад и пытались стать свидетелями таинства рождения планет. Мы посмотрели, как их изучают, но о самих планетах Солнечной системы мы не говорили. А ведь каждая из девяти планет в семье Солнца уникальна, со своими особенностями, со своим характером.

В древности именно планеты привлекли внимание вавилонских жрецов. Планеты непрерывно меняли положение на небе, блуждая самым причудливым образом среди неподвижных звезд, и, естественно, в первую очередь заинтересовали жрецов, наблюдавших за небом и занимавшихся предсказаниями самых различных событий. И в конце концов именно планеты стали олицетворением великих богов древности на небе.

В Ассирии и Вавилоне Венера олицетворяла богиню Иштар, Юпитер — бога Мардука и так далее. Жители древних стран прекрасно знали все видимые невооруженным глазом планеты — Меркурий, Венеру, Марс, Юпитер, Сатурн. Еще до нашей эры были известны восходы, заходы и положение Юпитера относительно стандартных звезд. Но только с изобретением телескопа существенно расширились возможности наблюдений и люди смогли узнать о существовании новых планет.

Первую неизвестную ранее планету открыл В. Гершель, основоположник новой эры в астрономии, тот самый Гершель, которого вместе с Лапласом и Румфордом принимал первый консул Французской республики Наполеон.

Жизненный путь Гершеля поначалу никак не мог свидетельствовать о том, что он станет одним из величайших астрономов всех времен. Сын полкового музыканта, он с ранних лет занимался с учителями и отцом музыкой и уже в четырнадцать играл в военном оркестре. Но в доме Гершелей в Ганновере дети занимались не только музыкой. Вильям изучал языки, математику, философию.



Не имея никакой склонности к ратным подвигам и не желая принимать участия в военных действиях прусской армии в Европе, Гершель переехал в Англию. Здесь он получил место дирижера публичных оркестров в Лидсе. Уже в это время астрономия интересует его гораздо больше, чем музыка. Тридцатилетний Гершель покупает учебник астрономии и вскоре начинает строить телескопы.

Я нарочно употребил слово «строить», а не «изготавливать», так как телескопы Гершеля были самыми крупными инструментами XVIII века. Самый большой телескоп был, к примеру, столь велик, что наводить его на звезду должны были три человека: Гершель и двое рабочих. Ведь тогда не было автоматизированных систем наведения телескопов и все приходилось делать самому астроному.

«Уметь видеть, — писал он, — это в некотором отношении искусство, которому должно учиться». Как не вспомнить здесь незадачливых оппонентов Галилея, которые не могли и не хотели видеть спутники Юпитера.

Успехи Гершеля в астрономии превзошли самые смелые ожидания родственников и друзей. Через девять лет

после покупки учебника астрономии он открыл новую планету, которую хотел назвать именем короля Англии Георга III, но традиции оказались сильнее, и планета получила имя римского божества — Уран.

Открытие новых планет хорошо оплачивалось в то время. За Уран Гершель получил от короля Георга III должность придворного астронома и жалованье 200 фунтов стерлингов в год, деньги по тем временам немалые, хотя, конечно, король Англии мог бы проявить и большую щедрость. Не осталось в стороне и Лондонское королевское общество: оно присудило Гершелю ежегодную золотую медаль и избрало его в свои члены.

Самое интересное в истории открытия Урана состоит в том, что Гершель вначале принял этот объект на небе за комету и некоторое время отстаивал свою точку зрения. Это в известной мере подпортило ему репутацию в элитарном Лондонском королевском обществе. Итак, 13 марта 1781 года впервые с использованием телескопа была открыта новая планета — седьмая по счету в нашей Солнечной системе.

Не прошло и ста лет, как открыли восьмую, и история этого открытия была одной из самый интересных страниц современной астрономии.

В чем же драматизм ситуации?

Во-первых, Нептун был открыт за письменным столом.

Во-вторых, это сделали практически одновременно два человека.

В-третьих, один из них был англичанин, а второй — француз.

Итак, в 1845 году двадцатисемилетний математик Д. Адамс из Кембриджа, анализируя некоторые неправильности, наблюдавшиеся в движении Урана по небу, пришел к выводу, что они могут быть обусловлены лишь внешней по отношению к Урану планетой в Солнечной системе. Он вычислил, в какой области неба должна находиться предполагаемая планета, и сообщил результаты своих вычислений астрономам-наблюдателям в Кембриджскую обсерваторию и в Гринвич в сентябре 1845 года. Адамс был чрезвычайно скромным и ненавязчивым человеком, он даже не опубликовал своих расчетов. Более того, когда астрономы Кембриджа и Гринвича в них не поверили и не начали искать «предсказанную» планету, не стал настаивать на этом.

Между тем странное поведение Урана было известно

не только в Англии. И практически одновременно с Адамсом, с опозданием на 10 месяцев, французский астроном У. Леверье опубликовал результаты своих расчетов, предсказав существование восьмой планеты и ее примерное положение на небе.

С этой работой ознакомились астрономы и в Гринвиче и в Кембридже. Наблюдатели в Кембридже могли бы прославить себя, открыв новую планету на небе. Когда они увидели, что расчеты француза как две капли воды похожи на расчеты Адамса, они принялись искать предсказанную планету в июле и в августе 1846 года — буквально через месяц после публикации работы Леверье. Но они не удосужились провести обработку своих наблюдений и упустили приоритет открытия.

Леверье был обеспокоен тем, что наблюдатели не отреагируют должным образом на его статью. Он написал письмо в Берлинскую обсерваторию, и 23 сентября 1846 года новая планета была открыта, как по заказу.

Вот тут-то и началось.

Открытие Нептуна «на кончике пера» преподносилось широкой общественности как величайшее достижение науки со времен Ньютона. На Леверье обрушился водопад почестей. История этого открытия мгновенно стала известна всему миру, и английские «болельщики» вступились за приоритет Адамса. Много лет спустя Джинс писал, что, конечно, Нептун был открыт Адамсом и Леверье (а не Леверье и Адамсом). Более того, он оправдывал косность и рутинерство английских наблюдателей, говоря, что в Кембридже Нептун «дважды пронаблюдали», но... «не отождествили его немедленно с новой планетой». Борьба за приоритет между Францией и Англией длилась много лет. Леверье стал директором Парижской обсерватории, Адамс — профессором Кембриджа. А позже выяснилось, что истина-то лежит совсем в другом месте. Тот же Адамс показал, что реальная орбита Нептуна отличалась от предсказанной. Поэтому его открытие в том месте, которое было указано Леверье и Адамсом, было в известной мере случайным. Но дело не в этом. Результат есть результат, и восьмая планета — Нептун — навсегда останется связанной с именами Леверье и Адамса.

Сами Адамс и Леверье никакой вражды друг к другу не испытывали. Более того, они стали друзьями на всю жизнь.

Когда страсти несколько поулеглись, постепенно

стало выясняться, что все неправильности в движении Урана нельзя объяснить лишь присутствием Нептуна. Да и сам Нептун вел себя несколько странно, как будто был связан невидимой нитью еще с кем-то. П. Лоуелл из Аризоны пошел по пути, проторенному Леверье и Адамсом. Он вычислил орбиту предполагаемой планеты X. Но открыли ее лишь в 1930 году, после пятнадцати лет тщательных поисков.

Итак, девять планет. Описанию их свойств посвящены многие десятки книг. В короткой главе о планетах мне поэтому придется остановиться лишь на наиболее интересных особенностях семьи Солнца. Конечно, такое изложение будет в известной мере субъективным. Я занимаюсь эволюцией атмосфер, и, быть может, акценты будут несколько сдвинуты именно в эту сторону. Но, во-первых, это вполне естественно, а во-вторых, поверьте, что эволюция атмосферы и климата Земли во многом определит жизнь человечества в ближайшее время.

Начнем же путешествие длиной в 39,4 астрономические единицы, а именно таково расстояние от Солнца до Плутона. Для большей наглядности заметим, что, если бы мы передвигались со скоростью света, нам пришлось бы затратить на эту экскурсию около пяти часов.

Место под Солнцем

Самая близкая к Солнцу планета — Меркурий. Именно он младший брат в семействе, которое принято называть планетами земной группы. Эта группа включает Меркурий, Венеру, Землю и Марс. Отметим, что когда ученые говорят о планетах, то некоторым свойствам Земли удобно приписывать значение, равное единице. Например, расстояние от Солнца, масса, объем.

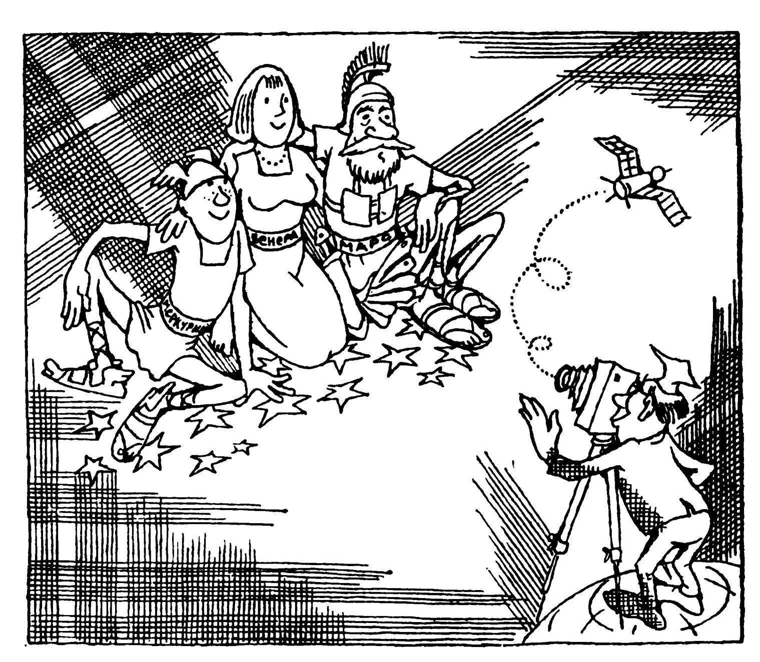
В нашем путешествии по Солнечной системе мы будем пользоваться именно этим приемом. Итак, Меркурий находится от Солнца на расстоянии 0,39 астрономической единицы (Земля — на расстоянии одной астрономической единицы). Его объем — всего 0,05 объема Земли, а масса — 0,06 массы нашей планеты. Отсюда видно, что плотности Земли и Меркурия почти одинаковы.

Меркурий во многих отношениях замечательная планета. Начнем с того, что он в отличие от большинства планет имеет очень вытянутую, эллиптическую орбиту. Лишь Плутон движется вокруг Солнца по еще более

вытянутому эллипсу. Но это еще не все. Чем ближе к Солнцу планета, тем быстрее она делает полный оборот вокруг него. Период обращения Меркурия вокруг Солнца составляет всего 0,24 земного года. Солнечные сутки длятся на Меркурии 176 земных суток. Это означает, что Меркурий очень медленно вращается вокруг собственной оси.

Сильная вытянутость орбиты в сочетании с медленным вращением приводит к поразительным эффектам, которые мог бы заметить космонавт, находящийся на поверхности этой планеты. Солнце на небе Меркурия в своем видимом движении по небу останавливается и даже возвращается ненадолго назад. Это необычное явление, удачно названное «эффектом Иисуса Навина», который согласно библейскому преданию заставил остановиться Солнце, длится на Меркурии по две недели меркурианского «утра» и меркурианского «вечера».

Естественно, что необычная орбита Меркурия и его очень медленное собственное вращение привлекли внимание исследователей. Американские ученые, решая небесно-механическую задачу о движении Меркурия, при-



шли к выводу, что когда-то Меркурий мог быть... спутником Венеры и находился от нее на расстоянии всего 480 тысяч километров. За счет сложных приливных взаимодействий он постепенно замедлял свое вращение и за несколько сот миллионов лет мог уйти на солнечную орбиту. Правда, теория Энеева и Козлова более естественным путем объясняет необычные свойства движения Меркурия, без привлечения столь экстравагантных ситуаций, когда богиня вынуждена терять своего спутника.

Очутившись на поверхности Меркурия, мы увидели бы много интересных вещей. Но нужно сказать, что космонавтам и даже автоматическим станциям пришлось бы там туго. Из-за близости к Солнцу да еще из-за того, что поверхность Меркурия темная и отражает менее 20 процентов падающего на нее света, ее максимальная температура достигает 420 градусов Цельсия. Но это, правда, лишь на поверхности. Грунт на Меркурии сильно измельчен и поэтому является хорошим теплоизолятором. Уже на глубине нескольких десятков сантиметров температура практически постоянна и не поднимается выше 90 градусов. Ночные температуры очень низки и достигают минус 180 градусов. Поэтому я и говорил о том, что даже автоматической космической станции на поверхности этой планеты пришлось бы нелегко. Выдержать подобные перепады температуры может не каждый материал, а станция должна была бы еще работать.

Но тем не менее представим себе, что мы на поверхности этой удивительной планеты. Впрочем, неудивительных планет в Солнечной системе нет.

Итак, поверхность Меркурия.

Американская космическая станция «Маринер-10» в 1973 году получила телевизионные фотографии 40 процентов поверхности этой планеты, причем разрешение составляло в отдельных случаях менее сотни метров, а это значит, что на снимках Меркурий был виден не хуже, чем Луна в поле зрения хорошего телескопа. И кстати, внешнее сходство поверхностей этих двух небесных тел оказалось просто поразительным. Даже специалисты, занимающиеся Луной, их называют селенологами, когда им показали фотографии Меркурия и попросили сказать, что это за планета, ответили: «Без сомнения, Луна». Действительно, поверхности Меркурия и Луны схожи в первую очередь тем, что они под-

вергались очень сильной метеоритной бомбардировке.

Диаметры крупных кратеров на Меркурии превышают 70 километров, а есть гиганты диаметром более двухсот километров. Может возникнуть вопрос: а что, вообще говоря, дает науке изучение поверхности Меркурия?

Дело в том, что нам неизвестны процессы, которые шли на самых ранних стадиях образования планет. На Земле практически не осталось следов древней истории нашей планеты, они скрыты последующими напластованиями. Самые древние породы датируются возрастом 3,5—3,6 миллиарда лет, а что было до этого, известно очень плохо. Казалось бы, удобный объект для исследования ранних стадий образования планет — Луна, но она подвергалась сильному влиянию Земли. Поэтому и здесь довольно запутанный случай, не «чистый эксперимент». И остается лишь Меркурий да астероиды.

Именно поверхность Меркурия свидетель катаклизмов почти пятимиллиардной давности — времени, когда в Солнечной системе рождались планеты. Конечно, поверхность Меркурия не моментальный снимок всех этих процессов. На фотографиях видны почти полностью исчезнувшие под слоем пород «кратеры-призраки», а это значит, что на поверхности Меркурия есть участки различного возраста.

Самый крупный известный сегодня кратерный район Меркурия — бассейн Жары (его еще называют «море Зноя»). Диаметр его около 1300 километров — как расстояние от Москвы до Крыма́. Вал этого бассейна слагает гористая местность, возвышающаяся на 1—2 километра над его поверхностью. Внутри бассейна есть гладкие равнины, покрытые бороздами и небольшими кратерами. Предполагают, что это циклопическое образование — следствие чудовищного удара астероида о поверхность Меркурия на последних стадиях его «рождения».

На поверхности Меркурия заметны гигантские уступы, которые называются эскарпами. Высота склонов у этих уступов достигает двух километров, а длина пятисот. По своей геологической структуре эскарпы в принципе отличаются от трещин, разрывов коры, которые мы можем видеть на поверхности Луны и Марса. Если трещины образуются при растяжении материала, то структура типа эскарпов, наоборот, в процессе сжатия.

Когда-то, миллиарды лет назад, раскаленный Меркурий, остывая, начал сжиматься. По некоторым оценкам, это сжатие было небольшим: его радиус уменьшился всего на 1—2 километра. Но для геологии Меркурия, для формирования «портрета» его поверхности это, казалось бы, на первый взгляд незначительное сжатие и привело к образованию огромных складок, надвигов. Есть, правда, и другие гипотезы, пытающиеся объяснить образование эскарпов замедлением вращения Меркурия вокруг собственной оси и приливными взаимодействиями с Солнцем.

Итак, бассейны, кратеры, эскарпы. Все это детали рельефа поверхности, а есть ли атмосфера у Меркурия?

Еще лет 20 назад некоторые ученые предполагали такую возможность. Конечно, не столь плотная атмосфера, как на Земле, думали они, но что-то близкое к Марсу. Позже оказалось, что Меркурий практически лишен атмосферы. Он «потерял» ее миллиарды лет назад.

Сила тяжести на Меркурии из-за его малой массы не в состоянии удержать молекулы газа близ поверхности планеты. Газ, атмосфера, «убегает» от Меркурия в космическое пространство. Такая же точно ситуация и на Луне, нашей ближайшей соседке. Сегодня ясно, что плотность атмосферы Меркурия в миллионы миллиардов раз меньше, чем плотность атмосферы Земли.

Итак, Меркурий — маленькая, темная, безжизненная планета, будущий полигон для космических исследований, свидетель чудовищных катаклизмов, сопровождавших последние стадии рождения планет земной группы.

Загадки Венеры

Немало узнали мы за последние годы о сестре Земли. Действительно, удалось определить химический состав грунта, исследовать, что представляет собой атмосфера планеты. Наконец, сегодня существует даже крупномасштабная карта Венеры. Есть панорамы поверхности. Глаза вездесущих автоматов — телефотометры наших станций «Венера-13, 14» — передали на Землю уникальные снимки пейзажей утренней звезды. Не могу не вспомнить о том, как Институт космических исследований посетила высокая делегация американских ученых, в состав которых входили сопредседатель

комитета «Врачи в борьбе за мир» известный кардиолог профессор Б. Лаун и профессор К. Саган, широко известный палеонтолог и популяризатор науки. Он собирался снять в Советском Союзе часть своего фильма об участии ученых в борьбе за мир.

Как раз незадолго до их визита были получены первые изображения поверхности Венеры. Для получения истинной природной окраски, цветовой гаммы, нужно было проделать огромную работу с использованием современной электронно-вычислительной техники. Различные варианты цветного изображения, выполненного компьютером, можно было посмотреть на экране телевизора. Американские ученые затаив дыхание смотрели на дисплей, где темно-коричневые камни Венеры вдруг становились слегка розоватыми, а затем изумрудно-зелеными, фиолетовыми. В комнате, где проходили демонстрации панорам, звучали английские слова, выражавшие восхищение в превосходной степени.

И правда, о Венере мы знаем сегодня немало! Однако парадокс ситуации в том, что чем больше мы узнаем об этой планете, тем больше загадок она перед нами выдвигает. Но прежде поговорим о том, как мы сегодня «видим» Венеру, что мы о ней знаем.

Венера обращается вокруг Солнца на расстоянии 0,7 астрономической единицы. По своей массе и размерам она не отличается от нашей Земли. Планета эта имеет плотную атмосферу, открытую еще М. Ломоносовым. Поверхность Венеры невозможно наблюдать в телескопы, поскольку она закрыта от нас мощным слоем облаков. Но сегодня мы знаем, что находится под ее облачным покровом.

Ландшафт Венеры во многом похож на земной, за исключением, конечно, одного очень важного обстоятельства. На поверхности Венеры нет жидкой воды, нет ни морей, ни океанов. Кроме того, нужно сказать, что Венера наиболее «гладкая» из всех планет земной группы. Около 60 процентов ее поверхности лишь на 500 метров выше или ниже уровня, соответствующего среднему радиусу планеты, а горные районы занимают только 2 процента ее площади. Но на Венере тем не менее существуют такие гиганты, как горное плато Максвелл, плато Иштар, по площади примерно вдвое большее Тибета. Средняя высота этого плато 4—5 километров, а хребты, окружающие его, и того выше.

В центре плато Максвелл расположен огромный

вулканический конус в полтора раза выше Эвереста. Поперечник подошвы этого огромного вулкана около тысячи километров, а диаметр кратера — сто при глубине четыре километра! Поистине циклопическое образование, равного которому нет на нашей планете. На карте Венеры мы можем увидеть еще одно обширное плоскогорье, названное в честь богини любви Афродитой. В пределах Афродиты находятся Гаусс и Герц — два обширных поднятия. Возможно, это крупные вулканы. Поверхность Венеры холмистая, есть небольшие хребты, долины, впадины. Одна из долин опоясывает почти всю планету.

Можно предположить, что так же, как и на Земле, кора Венеры состоит из плит. Но на Венере кора разбита всего на две плиты. Да и вулканизм там не такой, как на Земле. На нашей планете много вулканических областей. Это и Италия, и Гавайские острова, и Камчатка, восточное побережье Северной и Южной Америки, — трудно все перечислить.

Венера — дело другое. Анализируя данные, полученные при картировании ее поверхности, удалось выявить лишь две области с вулканической активностью.

Очень интересно, что «Венера-13» села как раз в район с недавними проявлениями вулканизма. При посадке аппарат пробил тонкую лавовую корку, ее осколки хорошо видны на фотографиях. А вот второй аппарат сел на древние плотные породы: вокруг станции мы видим лишь довольно крупные камни.

Одной из наших «Венер» были зарегистрированы сейсмы — колебания коры планеты, «венеротрясения». Именно этот факт в сочетании с данными панорам дает основания считать, что кора Венеры обладает высокой подвижностью и что наша соседка по Солнечной системе — тектонически активная планета.

Ну а что можно сказать об атмосфере Венеры?

Прежде всего то, что Венера имеет очень плотную газовую оболочку: давление у поверхности планеты около ста атмосфер. Почему же случилось так, что на Земле основной компонент атмосферы — азот, да и давление у поверхности всего один килограмм на квадратный сантиметр, а на Венере атмосфера состоит из углекислоты, причем давление ее почти в сотню раз больше, чем на Земле?

Венера — поистине планета загадок. Быть столь похожей на Землю и в то же время так отличаться от

нее! Где венерианские океаны? Из чего состоят облака Венеры? Почему на Венере почти в сто раз больше реликтовых благородных газов, чем на Земле? Вот главные, не разгаданные на сегодняшний день тайны Венеры.

По первому вопросу существуют различные предположения. Об одном из них мы говорили чуть выше.

Вторая гипотеза связывает отсутствие воды с химическими реакциями в коре, то есть гидратацией различных минералов. Эти реакции проходят при повышенных температурах и состоят в том, что минерал захватывает воду. Расчеты, проведенные в Институте геохимии Академии наук, показали, что этот процесс может быть очень эффективным. Именно в породах Венеры и могут быть огромные количества связанной воды.

Третья возможность состоит в том, что вещество, из которого образовалась Венера, было изначально обеднено водой. Но эта гипотеза носит слишком умозрительный характер, и трудно себе представить, как ее можно проверить экспериментально. Так что подходы к решению первой загадки Венеры существуют, есть вполне разумные идеи, но какая из них верна?

Теперь об облаках. На нашей Земле с облаками все просто. Они воспеты поэтами, писателями, редкий художник прошел мимо этого удивительно красивого явления природы. А ученые давным-давно знают, что земные облака состоят просто-напросто из капель воды. Раньше думали, что и на Венере ситуация с облаками такая же, как и на Земле, они водяные. Но уже первые спектроскопические наблюдения показали, что вопрос о составе облаков отнюдь не так прост, как казалось на первый взгляд.

В 1967 году было обнаружено, что над венерианскими облаками в атмосфере находятся две кислоты — фтористоводородная и соляная, а измерения коэффициента преломления частиц облачного слоя установили, что они не могут быть сконденсированными каплями водяного пара.

Какие только предположения после этого не выдвигались! В качестве возможных кандидатов рассматривалась и венерианская пыль. Правда, эта идея была очень быстро отброшена, поскольку экспериментальные данные говорили о том, что частички облаков находятся в жидкой фазе. Рассматривалась также хлористая ртуть, гидратированное хлорное железо, соли аммония.

Наконец, в 1973 году были опубликованы работы, в которых утверждалось, что облака Венеры состоят из концентрированной серной кислоты. Правда, на «скамейке запасных» остаются еще и гидраты хлорного железа, и соли аммония, но все-таки кандидат номер один — серная кислота. Согласитесь — ситуация далеко не тривиальная: планета укутана облаками, состоящими из химически агрессивного соединения.

Облака эти расположены очень высоко, их нижняя граница лежит примерно на уровне пятидесяти километров над поверхностью Венеры. Каким же образом они возникают?

Температура поверхности планеты высока. Поэтому целый ряд летучих соединений и, что особенно важно, соединений, содержащих серу, переходит в атмосферу. Здесь и двуокись серы, здесь и сероводород, и сероуглерод. Кроме того, в атмосфере Венеры содержится, хотя и в небольших количествах, водяной пар. В верхних слоях атмосферы все эти соединения под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца участвуют в очень сложной последовательности фотохимических реакций. Именно в результате этих реакций и образуются капли серной кислоты.

Облака имеют сложное строение, иногда они состоят из нескольких ярусов. Да, планета, на которой идут сернокислотные дожди, вряд ли покажется кому-либо достаточно комфортным местом. Но дождь этот не доходит до поверхности. По мере приближения к поверхности капли испаряются, а где-то на высоте около 15 километров от поверхности серная кислота разлагается на воду и окислы серы. Они поднимаются вверх и там вновь включаются в цепь фотохимических реакций, приводящих к образованию капель серной кислоты.

Заметим, что до сих пор не было ни одного прямого экспериментального доказательства этой идеи. Мы постараемся проверить «сернокислотную модель» во время запуска к Венере космического аппарата по советско-французскому проекту «Венера — Галлей» в 1984 году. А до тех пор облака Венеры будут для нас одной из самых интересных загадок.

Вернемся теперь к третьей загадке Венеры, проблеме избытка на ней первичных благородных газов — аргона с атомным весом 36, неона, криптона и ксенона. Почему этот вопрос представляется очень важным и по-

чему он так оживленно дискутируется сегодня в научной печати? Мы уже вскользь упоминали об этом, но вопрос действительно настолько принципиален, что о нем необходимо поговорить подробнее.

Итак, об избытках первичных благородных газов на Венере. Как это могло случиться?

Одной из первых была высказана гипотеза о том, что вещество прото-Венеры облучалось солнечным ветром. Этой идее было посвящено три работы. Мы уже говорили о том, что такое солнечный ветер. Он действительно мог бы в принципе обеспечить избыток благородных первичных газов. Но Венера находится от Солнца на расстоянии 0,7 астрономической единицы, а Земля на расстоянии в одну астрономическую единицу. Поскольку интенсивность ветра падает пропорционально квадрату расстояния, солнечный ветер может обеспечить разницу лишь в два раза, а никак не в сто.

Конечно, можно говорить о том, что вещество Венеры на стадии образования планет экранировало зону образования Земли. Но, как указал крупный специалист по атмосферам Д. Хантен, отношение изотопов аргона-36 к неону одинаково для Земли и Венеры. Эти отношения земные, а не солнечные, и поэтому такая модель вряд ли проходит.

Красивую идею выдвинул М. Изаков из Института космических исследований. Он использовал предположение о том, что Венера образовалась раньше Земли. В это время в протопланетной туманности было еще много газа, который гравитационно захватывался Венерой. Но здесь также непонятно, почему отношение аргона к неону на Венере «земное», а не солнечное. Правда, неон мог улетучиваться из туманности быстрее, чем аргон, поскольку он легче, но этот вопрос требует более тщательного изучения.

Мне кажется, что избыток благородных газов можно будет объяснить окончательно в рамках той или иной модели лишь тогда, когда будут получены точные данные по содержанию криптона в атмосфере Венеры. Тогда, и только тогда, у нас в руках будет дополнительный, отсутствующий на сегодня параметр сравнения. Думается, что ждать здесь осталось уже недолго.

Конечно, были высказаны и другие предположения. Мы знаем, что планеты собираются из твердого вещества, уже содержащего в себе весь запас летучих сое-

динений, и в том числе благородные газы. Так вот, если считать, что Венера образовалась из метеоритов, наиболее богатых газами, то в этом случае возникает масса дополнительных вопросов, связанных и с изотопными отношениями, и с концентрацией воды, и с содержанием целого ряда элементов в коре Венеры. Да, кроме того, очень трудно предположить, что вся планета была собрана лишь из одного типа метеоритного вещества. Это уже отдает какой-то мистикой.

Два года назад появилась работа американских ученых Д. Поллака и Р. Блэка, в которой для объяснения «проблемы избытка» была придумана довольно хитрая вещь.

Я забыл упомянуть об очень важном факте, который сильно осложняет «проблему избытка». Дело в том, что атмосфера Венеры обогащена по сравнению с Землей лишь редкими газами. Количество же углекислоты и азота на Венере и Земле примерно одинаково, если учесть всю земную углекислоту, захороненную в ее осадочных породах в виде карбонатов. Поэтому нужно решать очень трудную задачу. Почему есть избыток по благородным газам и нет избытка по так называемым химически активным соединениям?

Так вот, Поллак и Блэк надумали следующее. Они начали танцевать от печки. Пусть в газе протопланетной туманности существовал большой перепад давления в направлении от Солнца к периферии Солнечной системы, а температура была более или менее постоянной. (Протопланетная туманность, как мы с вами помним, представляла собой смесь пыли и газа.) Газы по-разному сорбируются на пыли.

Количество какого-нибудь благородного газа, захваченного пылинкой, зависит при данной температуре от давления, а количество химически активного соединения, включенного в твердую фазу, определяется еще и химическими реакциями между газом и твердой фазой, скорость которых зависит от температуры. Поэтому если в зоне роста и сборки Венеры давление было выше, то вещество Венеры захватило больше благородных газов — вот вывод Поллака и Блэка.

Но эта работа содержит массу слабостей и некорректна с точки зрения планетной космогонии. Я помню, как на лунно-планетной конференции в Хьюстоне один из крупнейших специалистов по атмосферам планет, Д. Хантен, сказал: «Не может быть протопланетной ту-

манности с такими перепадами давления, как у Поллака и Блэка. Это нереально. Модель не может решить проблему избытка. Впрочем, — с грустью добавил он, — на сегодняшний день лучшего никто не придумал».

Мне кажется, что действительно модель Поллака и Блэка некорректна. Но тем не менее она содержит вполне здравую идею о значительной роли адсорбции газов из протопланетной туманности на пыли.

На самом деле можно вполне обойтись без экзотических предположений о перепадах давления в туманности. Надо лишь предположить, что туманность постепенно рассеивалась, а Венера образовалась чуть раньше, чем Земля. В то время, когда давление в протопланетной туманности было, скажем, в сто раз больше, чем к моменту образования Земли.

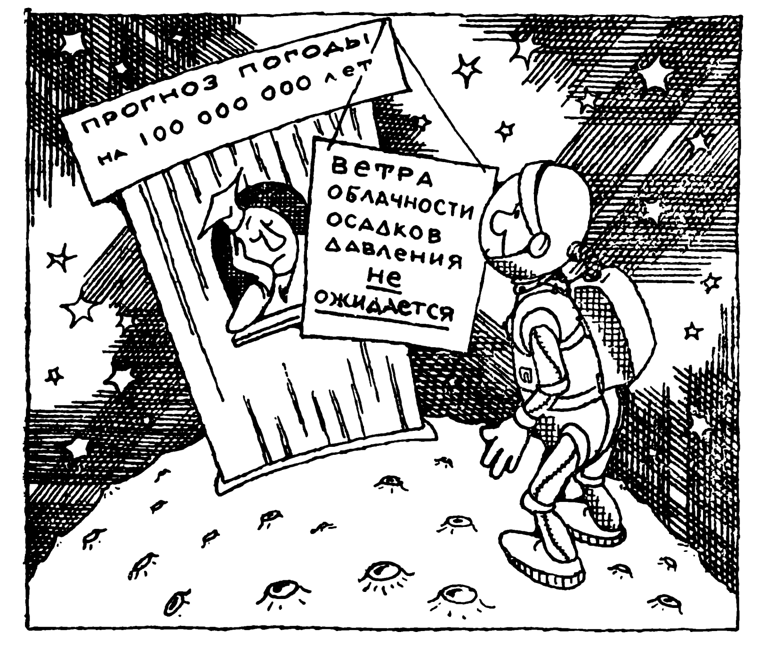
Тогда Венера действительно должна содержать больше благородных газов, чем остальные планеты земной группы. Правда, на первый взгляд здесь есть некий парадокс. Избыток благородных газов на Венере есть, избытка углекислоты нет. Но это парадокс кажущийся. Все дело в том, что химически активные газы, такие, как углекислота, входят в метеориты в виде соединений, а процессы сорбции дают в этом случае лишь незначительную поправку. Они, процессы сорбции, имеют большое значение лишь для благородных газов.

Так или иначе, на сегодняшний день ни одну из загадок Венеры мы не можем считать окончательно разрешенной. Пока намечаются лишь отдельные подходы. Что же, будем ждать результатов последующих космических экспериментов и надеяться, что рано или поздно Венера откроет нам свои тайны.

Прежде чем продолжить наше путешествие по планетам Солнечной системы, необходимо поговорить о том, как вообще в принципе образуются атмосферы у планет земной группы. Почему все планеты земной группы — Меркурий, Марс, Венера и Земля — имеют совершенно различные газовые оболочки? Ведь мы очень много уделили внимания атмосфере Венеры.

Погода на планетах

Если на небесном теле, ну, например на Луне или Меркурии, нет (или почти нет) газовой оболочки, тогда все просто — теоретически можно легко вычислить температуру поверхности, зная расстояние планеты от



Солнца и отражательную способность ее грунта (альбедо). В этом случае и погода и климат на планете практически неизменны. Все зависит лишь от расстояния от Солнца и параметров вращения планеты.

Но если планета имеет атмосферу, тогда все вопросы, связанные с погодными и климатическими изменениями, резко усложняются. Примером тому могут служить долгосрочные прогнозы погоды. Мы все знаем, что они не всегда бывают точными; как только рассматривается задача газовой оболочки планеты, компьютеры не в состоянии справиться с огромным числом новых параметров.

Именно поэтому, когда я буду говорить о безатмосферных телах, мне можно верить, а когда я перейду к вопросам климата Земли, Венеры и Марса, нужно помнить, что эти рассуждения будут весьма приближенными.

Итак, когда-то ни Венера, ни Земля, ни Марс не имели атмосфер. Когда это было? Около 4,5 миллиарда лет назад, во время роста планет. Но вот планеты сформировались, недра их начали греться, и газы стали выходить наружу через вулканы, через трещины в коре.

Они выходили в течение миллиардов лет и образовали, например, на нашей Земле и атмосферу и океаны.

Известный американский геофизик Д. Расул как-то заметил: «Когда меня спрашивают о происхождении атмосферы и океанов, я говорю: возьмите газовую продукцию вулканов и умножьте на 4,5 миллиарда лет. Получили массу океана? Ну а теперь за справками адресуйтесь к богу». То, о чем говорил Расул, и есть теория непрерывной дегазации.

Конечно, нельзя делать так, как советовал американский коллега. Это слишком грубый расчет. Ведь, кроме процессов выделения вулканами паров воды и других газов, существуют так называемые процессы стоков.

Возьмем, к примеру, кислород. Зеленые растения в процессах фотосинтеза генерируют часть кислорода земной атмосферы. Другая часть образуется в процессах фотодиссоциации водяных паров в верхних слоях атмосферы. Это источники кислорода. А стоки? Стоки — это мы с вами да и вся флора Земли, все, что дышит кислородом. В неорганической природе также изрядное количество стоков. Много кислорода идет на образование окислов.

В течение долгих геологических периодов времени устанавливается очень деликатный, очень тонкий баланс между источниками и стоками. В результате мы и имеем на Земле сегодняшнее содержание кислорода в атмосфере. Вот что такое источники и стоки.

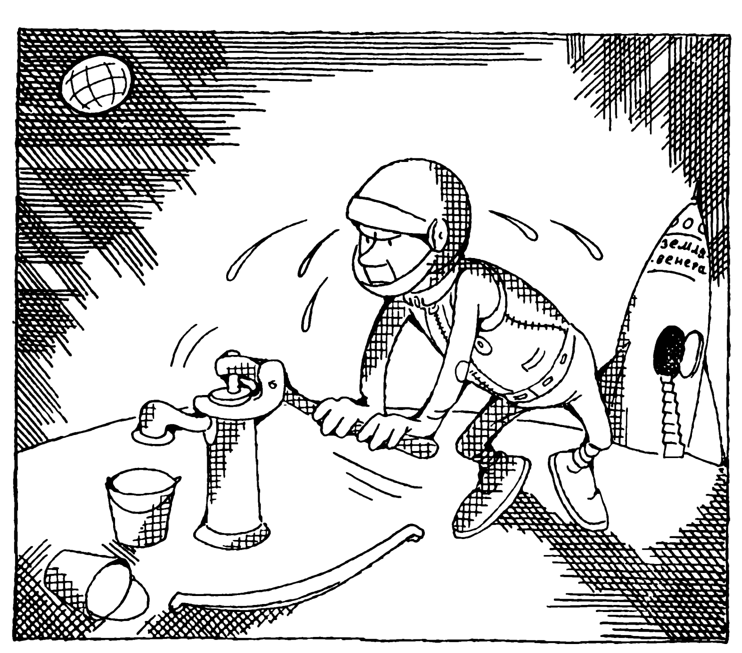
Итак, на заре «туманной юности» планет началось образование атмосфер. Скажем прямо, в эти времена происходили просто удивительные вещи. Рассмотрим лишь один пример. Теоретические расчеты показывают, что несколько миллиардов лет назад на нашей Земле не могло быть жидкой воды! Все океаны должны были находиться в замерзшем состоянии. Но ведь тогда не могла возникнуть и жизнь на Земле. А мы, во-первых, знаем, что она возникла, а во-вторых, что она уже была именно 3,5 миллиарда лет тому назад, то есть когда, по оценкам теоретиков, ее не должно быть. Это загадка с Землей. А с Венерой как быть? Где вода этой планеты? Где ее океаны?

Вопросы не просты, и нам с вами предстоит в них разобраться. К счастью, один и тот же физический эффект имеет отношение и к Венере, и к Земле, и к Марсу. Он имеет очень прозаическое, земное название «парниковый». С ним знаком каждый, кто хоть раз побывал в

теплицах, где температура всегда выше температуры окружающего воздуха, даже если нет специальных обогревающих устройств. За счет чего это происходит?

На поверхность любой планеты падает излучение Солнца, причем в соответствии с законами физики большая часть энергии приходится на ту область длин волн, которая соответствует температуре внешней части нашего Солнца, около 6 тысяч градусов Цельсия. Другими словами, львиную долю солнечной энергии планеты получают в видимой части спектра. Отдают же, переизлучают энергию в пространство в инфракрасной области спектра, так как температура поверхности планет гораздо ниже температуры Солнца.

Атмосфера поглощает незначительную часть падающего прямого солнечного излучения, а излучение, уходящее от планеты в космическое пространство, задерживается гораздо сильнее, особенно если в атмосфере есть газы, имеющие полосы поглощения в инфракрасной части спектра, к примеру углекислота, пары воды, аммиак. Именно из-за этого температура атмосферы и соответственно поверхности планеты повышается: получается парниковый эффект.



А теперь посмотрим, какую роль сыграл парниковый эффект в жизни Венеры. В числе основных компонентов, которые вызывают повышение температуры, вода и углекислый газ. Азот не играет никакой роли в создании парника потому, что его молекула практически не поглощает излучения в инфракрасной области. Поэтому по мере выделения углекислоты и водяного пара атмосфера Венеры должна была становиться все горячей и горячей и в конце концов стать такой, какой мы ее видим сегодня. Эту задачу сосчитали уже упоминавшийся мною Расул и Де Берг. А такое неуклонное нагревание они назвали необратимым парниковым эффектом.

Но на самом деле все обстояло еще более экзотичным образом. Расул и Де Берг не учли одного очень деликатного обстоятельства. Оно заключается в том, что ось вращения Венеры строго перпендикулярна плоскости эклиптики, то есть плоскости, в которой все планеты вращаются вокруг Солнца. А это значит, что полюсы Венеры, получая очень мало солнечных лучей, остаются холодными, пока не накопится достаточно плотная атмосфера. Вот по этой именно причине сценарий начальных этапов жизни Венеры мог быть несколько иным, чем тот, который рисовали Расул и Де Берг.

Температура полюсов Венеры в самом начале была всего лишь около 150 градусов по шкале Кельвина. А при этой температуре замерзают и пары воды, и углекислый газ. Полюсы Венеры откачивали на себя эти газы, и там образовывались огромные полярные шапки, состоящие из льдов углекислоты и воды. А что потом?

Не будем забывать, что в атмосфере оставался азот. Да, тот, который мы видим и сегодня в составе венерианского воздуха. По мере накопления в атмосфере азот начал выравнивать температуры между экваториальной областью и полюсами. Ну а дальше уже все пошло как по маслу. Стоило полюсам Венеры чуть-чуть нагреться, и началось испарение углекислоты (вода еще не могла испаряться из-за слишком низких температур).

«Инъекция» углекислоты в атмосферу, в свою очередь, привела к повышению ее температуры, и катастрофический процесс исчезновения полюсов ничем нельзя было остановить. Вода просто не могла конденсироваться на поверхности планеты, поскольку вся находилась в газовой фазе, и, разрушаясь ультрафиолетовым излучением Солнца на водород и кислород, постепенно исчез-

ла. Это и есть одно из возможных объяснений отсутствия воды на Венере.

Ну а что же было на Земле? Ведь как мы помним, теория говорит о том, что три с лишним миллиарда лет назад вся вода на Земле должна была находиться в виде льда. Кстати, на чем базируется это предположение?

Когда мы говорили об эволюции Солнца, мы отметили тот факт, что светимость его постепенно увеличивалась, прежде чем Солнце «село» на главную последовательность. Именно в это время рождались планеты. Ну а если светимость Солнца была ниже, планета получала меньше тепла, чем сегодня, и соответственно температура поверхности была ниже. Но жизнь-то все-таки уже была. Она зародилась раньше, чем три с половиной миллиарда лет назад. Значит, океаны на Земле были. В чем же здесь дело? Как разрешить парадокс?

Сначала обратим внимание на тот принципиальный факт, что при дегазации из недр Земли на поверхность прежде всего выделяются вода и углекислый газ. Об этом свидетельствует множество анализов состава вулканических газов и газов, содержащихся в магматических породах — базальтах. По оценкам разных авторов, отношение массы воды к выделившемуся из мантии углекислому газу — от 4 : 1 до 10 : 1. То есть углекислоты поступает достаточно много. Именно углекислый газ, интенсивно поглощающий тепловые инфракрасные лучи, мог создать парниковый эффект, благодаря которому на планете появился океан, хотя Солнце грело плохо.

Чтобы не быть голословным в дальнейших рассуждениях, нужно рассчитать температуру поверхности Земли 4,5 миллиарда лет назад. Атмосфера тогда была разреженной, а ее давление в сто или тысячу раз меньше, чем нынче. Если это так, то среднюю температуру поверхности Земли нетрудно вычислить как функцию ее альбедо (отражательной способности).

Альбедо Земли, почти лишенной атмосферы, по аналогии с Луной и Меркурием можно принять за 0,1. И тогда мы получаем, что, если светимость Солнца была на 40 процентов ниже сегодняшней, температура поверхности Земли составляла 33 градуса ниже нуля по Цельсию.

Постепенно атмосфера становилась массивнее. По мере выделения летучих компонентов из магмы наружу па-

ры воды, замерзая, окутывали планету мощным слоем сверкающего льда и снега. Альбедо росло, и поэтому температура поверхности снижалась. Но нет худа без добра, основным компонентом земной атмосферы становился углекислый газ. И он, создавая парниковый эффект, начал подогрев. С ростом концентрации CO_2 в атмосфере поверхность Земли потихоньку разогрелась и льды начали таять.

Можно подсчитать, сколько CO_2 должно было накопиться в атмосфере, чтобы подогреть поверхность до 0 градусов Цельсия. Расчет гипотетического парникового эффекта был сделан В. Морозом. Такой расчет не прост, точной цифры не получишь. Поэтому в конце концов были найдены верхний и нижний пределы критического давления углекислого газа, давления, при котором начинается таяние льдов.

Мороз предположил, что альбедо Земли из-за того, что ее окутало снежное одеяло, изменилось от начального 0,1 до 0,45. Конечно, и эта цифра условна, потому что из-за неровностей рельефа и меняющейся облачности истинную величину альбедо почти невозможно определить. Но нам важно понять общее направление процесса.

Итог таков. Наименьшее давление углекислоты, при котором наступит таяние льда и снега, равно 0,3 атмосферы.

Что же происходит дальше? При выделении из мантии 10^{13} граммов углекислоты в год (полагают, что именно так и было) давление 0,3 атмосферы будет достигнуто через 440 миллионов лет. Затем начинается таяние, и альбедо быстро уменьшается, потому что отражательная способность воды меньше, чем у льда и снега. Становится немного теплее. Но, увы, углекислый газ начинает покидать атмосферу, происходит его растворение в воде, выщелачивание базальтов, образование карбонатов...

Потеря газа не может длиться долго, потому что с уменьшением количества углекислоты в атмосфере поверхность Земли остывает до нуля. Планету снова окутывает снег и лед. Вот мы и пришли к великим циклическим оледенениям, не раз сковывавшим поверхность Земли.

Идет время, становится теплее, оледенения повторяются, уменьшая амплитуду и длительность, пока все ярче разгорающееся Солнце не подогреет Землю и не

уменьшит количества углекислого газа в атмосфере до уровня, близкого к современному: углекислоту поглотит океан.

Правда, мы не учли весьма важного обстоятельства: жизнь, возникшая на Земле 3,5 миллиарда лет назад, могла внести свои поправки и в баланс углекислого газа в атмосфере, и в углеродные циклы оледенения.

Нижняя возможная граница атмосферного содержания CO_2 в цикле оценена нами в $1{,}5 \cdot 10^{21}$ грамма. Самое неопределенное в уравнении этого баланса — время жизни молекулы CO_2 в океане (от момента попадания в воду до перехода в молекулу известняка). Но миллиона лет на это явно хватит. И свои расчеты мы строили на этом щедром допущении.

Отсюда и вывод: характерное время циклических оледенений на примитивной Земле было около миллиона лет.

На Марсе сценарий возникновения атмосферы был в общих чертах схож с земным. С одним лишь отличием. Колебания марсианского климата могли быть связаны не только с механизмом углекислотного маятника, но и с регулярным изменением (очень медленным, с периодом в 50 тысяч лет) наклона оси вращения планеты. Таким образом, нельзя исключить длительных периодов «долгой марсианской весны» — так назвали эти времена американцы. А В. Мороз и я в нашей работе об эволюции атмосфер и климата планет использовали более «религиозный» термин — «марсианский рай». О возможных доказательствах существования такого «рая» мы поговорим позже, когда будем беседовать о Марсе, а сейчас мне хочется рассказать еще об одной теории образования атмосфер.

Все те изящные построения, которые мы сейчас обсуждали, основаны, по сути дела, лишь на одном простом предположении: дегазация, темп роста атмосферы происходили с постоянной скоростью начиная с того момента, когда закончилось формирование планеты. Но так ли это?

Известный советский ученый академик О. Шмидт указывал на то, что атмосфера и гидросфера Земли должны были образоваться очень рано. Еще до завершения сборки планет. Эту же мысль развивал замечательный геолог, прекрасный человек, недавно скончавшийся, К. Флоренский. Я неоднократно обсуждал с ним самые различные вопросы, связанные с эволюцией пла-

нет, и всегда поражался его эрудиции и готовности обсуждать самый широкий круг научных задач.

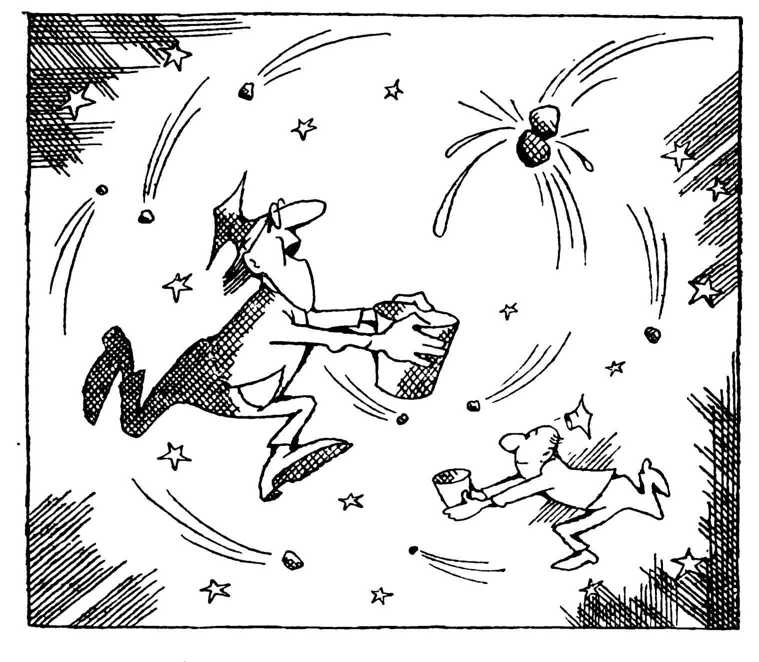
Идея о быстром образовании атмосферы Земли находила подтверждение и в некоторых геохимических данных. Но вся беда в том, что нужно было найти и как следует обосновать физический механизм, который мог бы обеспечить достаточно быстрое, или, как еще говорят, катастрофическое, образование атмосферы Земли. Такой механизм детально рассмотрел и рассчитал аспирант Института космических исследований М. Герасимов.

К тому времени, когда мы взялись за решение этой задачи, положение в учении об эволюции атмосфер было весьма деликатным. Большинство ученых использовали модель непрерывной дегазации, о которой мы только что говорили. Она попроще, да к тому же имеет давние традиции. В то же время многие отдавали себе отчет в том, что неправильно считать, будто бы ровно 4,5 миллиарда лет назад вдруг «включились» вулканы и именно с этого момента началось образование атмосфер. Однако «близок локоть, да не укусишь». Ясно, что атмосферы образовывались раньше, как бы параллельно с ростом планет, но как?

За решение этого вопроса взялись Т. Аренс из Калифорнийского технологического института и мы. Сначала Аренс был немного впереди, как говорят на ипподроме, на полкорпуса. Но прежде чем рассказать об этой гонке, давайте сначала представим себе, как идет сборка планеты на заключительных этапах.

Вокруг Солнца по кеплеровской орбите движется зародыш планеты. Вокруг него — планетезимали — тела размером в километры, а то и во многие десятки километров. Масса зародыша такова, что, когда какое-нибудь тело попадает в «сферу его влияния», оно сталкивается с ним с весьма солидной скоростью. Так, если масса зародыша Земли составляла половину нынешней, то скорость столкновения была более 6 километров в секунду. А когда масса приближалась к ее конечному значению, скорости столкновения превышали 10 километров в секунду. Мы уже говорили о том, что поверхности планет несут на себе следы этих чудовищных столкновений. Но что происходит с самим веществом?

Для решения задачи об эволюции атмосферы важно то, что часть материала и зародыша и планетезимали при столкновении нагревается до очень высоких



температур. Примерно до 10 тысяч градусов. Конечно, не весь материал системы «снаряд — мишень» испаряется. Некоторая часть находится в виде расплава, некоторая в виде горячих обломков. И естественно, что при нагревании все газы, летучие соединения, выходят из твердого вещества наружу. Они-то впоследствии и составляют основу будущей атмосферы планеты.

Герасимов теоретически рассмотрел все механизмы выделения газов в ударном процессе, рассчитал и продемонстрировал их высокую эффективность. Но, как говорили раньше, теория без практики мертва. В Институте космических исследований только еще продумывали эксперимент, когда Аренс начал стрелять из пушки по горным породам и оказался впереди нас, поскольку результаты конкретного эксперимента всегда производят в мире науки большее впечатление, чем теоретические построения. (Мы, конечно, не рассматриваем случай, когда теоретические построения по своей значимости не очень сильно уступают общей теории относительности или, на худой конец, теории испарения черных дыр.)

Итак, у нас не было пушки, как у Аренса. Но у нас была идея. Пушка занимает много места. Техника без-

опасности не разрешит заводить орудие войны даже в мирных целях в академическом институте. И мы, как в автомобильных гонках, обошли Аренса на вираже, за счет новой идеи. Мы смоделировали ударный процесс при помощи лазера.

Да, пучок мощного лазерного излучения направлялся в мишень — кусок метеорита или горной породы. Образовывался маленький кратер, а мы «собирали» газы, которые выделялись из мишени при выстреле из лазера, и анализировали состав газовой смеси на очень чувствительном хроматомасс-спектрометре. И вот после первых же опытов обнаружились совершенно непонятные вещи. Прибор показывал, что при выстреле в горную породу в газовой фазе всегда присутствует кислород.

Результат как гром среди ясного неба. Ведь, если это не ошибка, все современные представления об эволюции атмосферы Земли, да и других планет, придется пересмотреть под совершенно другим углом зрения. Опыты повторялись десятки раз, а пик кислорода упрямо появлялся, как бы бросая вызов всей геохимии.

Посудите сами. До сих пор считалось, что атмосфера древней Земли была восстановительной. Другими словами, она содержала водород, метан, аммиак, окись углерода. Более поздние работы показали, что аммиак вряд ли мог присутствовать в атмосфере, так как он разрушается ультрафиолетовым излучением Солнца. С метаном тоже не все ясно. Но ни у кого не возникло мысли, что с самого начала в атмосфере Земли мог быть кислород.

Правда, советский геофизик Э. Бютнер показала в своей теоретической работе, что кислород должен появиться в атмосфере за счет фотодиссоциации водяного пара. Но это происходило бы на более поздних этапах. А у нас в измерительной камере, в которой мы анализировали модель атмосферы юной Земли, был и кислород, и водород, и окись углерода, и углекислый газ.

Можно, конечно, спросить: «А что здесь особенного?» Особенность заключается в том, что кислород термодинамически не совместим ни с водородом, ни с окисью углерода. Кислород по определению — сильнейший окислитель, а водород — восстановитель.

Да что там говорить! Ведь из школьного курса химии хорошо известно, как ведет себя гремучий газ — смесь кислорода и водорода, он просто-напросто мгно-

венно взрывается. Конечно, для этого необходимы вполне определенные концентрации кислорода и водорода.

Не нужно думать, что первичная атмосфера Земли представляла собой огромную колбу с гремучим газом. В этом случае картина была бы очень экзотичной. В один прекрасный момент вся атмосфера Земли взорвалась бы и вместо нее образовался бы океан. Привлекательная, но слишком неправдоподобная и фантастическая модель. Концентрации были низки для такой катастрофы. К тому же кислород расходовался на окисление пород, а водород улетал в космическое пространство. Тем не менее наше открытие, несомненно, будет иметь определенное значение для правильного понимания как эволюции атмосфер, так и всех геохимических процессов в первичной коре Земли.

Для нас оставался невыясненным еще один очень существенный вопрос: а откуда в ударном процессе берется кислород? Вообще говоря, он мог образовываться при разрушении молекулы воды. Чтобы проверить это предположение, был взят кусок чистого кварца (SiO_2) с известным содержанием воды. Выстрелили из лазера по кусочку этого кварца и обнаружили удивительную вещь. Кислорода оказалось больше, чем в том случае, если бы только вода была ответственной за его образование.

Вывод из этого эксперимента был совершенно нетривиальным: кислород при ударах метеоритов и планетезималей о растущую Землю выделялся из минеральной матрицы. Из-за огромных температур, возникающих при сверхскоростном ударе, разваливались на атомы даже такие устойчивые соединения, как окислы металлов и двуокись кремния. Ясно, что процесс, который мы продолжаем изучать и сейчас, имел большое значение не только для образования атмосферы, но и для формирования земной коры.

Этот процесс был общим для всех планет земной группы. Но удержать атмосферу могли лишь достаточно массивные планеты — Венера, Земля и Марс. Меркурий и Луна утеряли свои газовые оболочки из-за малой массы.

А как отразится новый механизм образования атмосфер на всех наших рассуждениях о климате планет? Да в общем, не очень сильно. Ни кислород, ни водород не будут заметно влиять на парниковый эффект. Не-

много изменится продолжительность всех процессов. Стабильные условия на планетах с учетом катастрофического роста атмосферы наступят несколько раньше, чем если бы мы вели расчеты в рамках модели непрерывной дегазации. Основное значение теории катастрофической дегазации состоит в том, что она указывает на протекание очень ранних и интенсивных химических процессов на юных планетах земной группы.

Марс

Красноватый диск Марса хорошо виден с Земли в телескопы, поскольку планета имеет тонкую и прозрачную атмосферу. Марс находится от Солнца на расстоянии 228 миллионов километров, во время великих противостояний его отделяет от Земли всего 55 миллионов километров. Мы уже говорили о проблеме жизни на Марсе и о том, как космические корабли «Викинги» решали эту проблему. Но сейчас стоит побеседовать о Марсе как о планете и о том, почему же именно с Марсом человечество довольно продолжительный промежуток времени связывало надежды о внеземной жизни.

Еще в 70-х годах XIX столетия несколько астрономов получили данные, которые как будто бы свидетельствовали, что в атмосфере Марса есть кислород и водяной пар. Конечно, в этих работах определенную роль сыграло предвзятое мнение о том, что атмосферы всех планет должны быть похожи друг на друга. И хотя данные о присутствии кислорода в атмосфере Марса оказались ошибочными (содержание O_2 в атмосфере красной планеты ничтожно, около 0,1 процента), они сыграли определенную роль в отношении научной общественности к извечному вопросу о жизни на Марсе.

В XIX веке наблюдатели сделали много зарисовок поверхности Марса. Сравнение зарисовок одних и тех же районов этой поверхности, выполненных в разные промежутки времени, показало, что некоторые детали поверхности планеты подвержены разного рода изменениям. Участки поверхности закрывались дымкой, похожей на облака, темные пятна могли светлеть, а светлые, наоборот, темнеть.

Астрономы того времени уговорились называть участки Марса, имеющие красноватый оттенок, континентами, а области более темного цвета с зеленоватым оттен-

ком — морями. Некоторые отличия и изменения в оттенках зеленого цвета принимали за четкое доказательство того, что моря на Марсе неглубоки, а водная гладь кое-где может сменяться растительностью.

Условия жизни на Марсе, как полагали в XIX веке, не очень отличаются от земных: поменьше воды, пониже температура, более разреженная атмосфера, а в общем ничего страшного — жить можно.

И тут в 1877 году во время очередного противостояния Д. Скиапарелли, который работал в Миланской обсерватории, заметил длинные тонкие полосы, пересекавшие всю северную половину Марса. Эти полосы, еле заметные в телескоп, должны были иметь ширину в несколько километров. Не делая никаких далеко идущих предположений, Скиапарелли назвал эти полосы каналами, причем он даже и не думал, что они заполнены водой. Просто они были топографически похожи на каналы. А в 1891 году наблюдатели обнаружили новое явление — раздвоение каналов.

Вот тут-то вопрос об обитаемости Марса из сферы фантастики и досужих домыслов перешел на вполне практическую, научную основу. Ясное дело, что энтузи-



асты объясняли раздвоение каналов необходимостью создания марсианами более удобной системы судоходства и ирригации на планете. Но были и скептики, которые вполне резонно указывали, что сам факт раздвоения — невольная попытка, причем психологически вполне объяснимая, выдать желаемое за действительное. И тем не менее многовековая неукротимая тяга человечества к контактам с внеземным разумом временно победила.

К концу XIX — началу XX века мало кто сомневался в наличии высокоразумной жизни на красной планете. Знаменитый популяризатор астрономии К. Фламмарион писал в своей книге «Планета Марс и условия жизни на ней»: «Значительные изменения, наблюдавшиеся в сети водных путей, свидетельствуют о том, что эта планета является местом энергетически жизнеспособным. Эти движения кажутся нам медленными потому, что нас разделяет громадное расстояние, когда мы спокойно смотрим на эти континенты и моря и спрашиваем себя, на каком из этих берегов было бы приятней жить, там, возможно, в этот момент свирепствуют штормы и грозы, вулканы, чума, социальные перевороты и всевозможные виды борьбы за жизнь. Все же мы можем надеяться на то, что человечество там более развитое и мудрое, так как мир Марса старше нашего. Несомненно, что уже в течение многих столетий эта соседняя с нами планета наполнена шумом мирного труда».

В 1894 году выходец из богатой американской семьи, талантливый и энергичный П. Лоуэлл основал обсерваторию в Флагстаффе в штате Аризона специально для изучения планет и в особенности Марса. Благодаря исключительно благоприятным климатическим условиям, значительной высоте (более двух километров) Лоуэллу и его сотрудникам удалось собрать богатый фактический материал о Марсе. Они открыли на поверхности красной планеты 180 новых каналов, установили изменения в окраске и форме различных деталей на поверхности Марса. Лоуэлл считал, что темные области на Марсе имеют характер болот, там присутствует растительность, а коричневато-красные пространства — засушливые пустыни, сродни той, где была выстроена его обсерватория.

В начале XX века французский астроном Е. Антониади начал изучение Марса в Медонской обсерватории. Он был первым человеком, описавшим пылевую бурю

на Марсе, и, что самое главное, он показал, что каналы, которые считались сплошными, непрерывными линиями, представляют собой последовательность пятнышек на поверхности, расположенных более или менее правильными рядами, или просто границы областей различных оттенков.

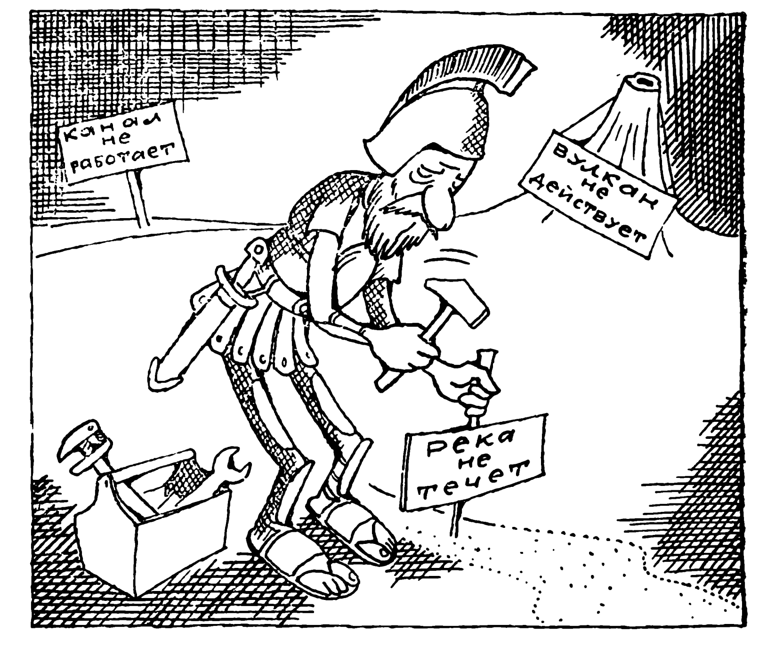
Казалось бы, после работ Антониади вопрос о разумной жизни на Марсе должен был бы быть как минимум пересмотрен в свете новых данных. Но, как я уже говорил, психологический настрой людей таков, что им очень трудно согласиться с мыслью о своем одиночестве. И несмотря на то что Антониади «похоронил» каналы, в печати время от времени появлялись предложения послать на Марс сигналы, чтобы там узнали о нашем существовании. В частности, в свое время был весьма популярен проект, согласно которому в пустыне Сахара хотели сделать огромные канавы в виде геометрических символов, заполнить их нефтью и зажечь. Сегодня подобного рода проекты выглядят, конечно, очень наивными.

Очередная вспышка интереса к Марсу была вызвана работами советского астронома Г. Тихова. Он предположил, что специфическая окраска некоторых районов Марса вызвана присутствием там особого вида растений. Исключительно смелое предположение Тихова нашло поддержку у многих ученых. В научной печати появился новый термин — астробиология. Снова телескопы стали с удесятеренным вниманием следить за таинственной планетой.

Очередная сенсация не заставила себя долго ждать. Американский астроном Синтон обнаружил в атмосфере Марса полосы поглощения органических соединений. Теперь уже знаменитая сезонная волна потемнения однозначно связывалась с расцветом марсианской растительности. Но, увы, наблюдения Синтона были неточными. А окончательно надежды обнаружить на Марсе жизнь рухнули после полетов «Викингов».

Мы оказались свидетелями того, как в течение менее сотни лет рассеялись как дым все надежды людей на то, чтобы найти хотя бы какие-нибудь формы жизни на Марсе. Это, безусловно, одна из самых драматических страниц в истории изучения планет Солнечной системы.

Но самое удивительное заключается в том, что на Марсе существуют и каналы и реки, правда высохшие.



Фотографии марсианской поверхности были сделаны американской станцией «Маринер-9», советскими аппаратами «Марс-3», «Марс-4», «Марс-5» и «Викингами». Что же мы можем сказать сегодня о Марсе на основании данных этих уникальных снимков?

В море Сирен расположена система узких, параллельных друг другу трещин, которые тянутся на огромные расстояния — почти 2 тысячи километров. Эти трещины называются риллями. Ширина их около одного километра, а глубина достигает сотен метров. Это очень своеобразные естественные структуры марсианского рельефа, действительно напоминающие каналы. Каково их происхождение?

Рельеф Марса очень сложен и несет на себе следы значительной тектонической активности. Если сейчас Марс — умирающая планета, то в недавнем (в геологическом масштабе времени) прошлом там наблюдались и разрывы коры, и извержения чудовищных вулканов. Чего стоит, например, такой гигант, как Олимпус Монс, или просто Олимп. Его высота 27 километров, а диаметр основания более 600 километров. Эверест в три раза ниже этого колосса. На Марсе есть еще три огром-

ных вулкана. Причем все они находятся в одном районе планеты, который называется Тарсис. Следы лавовых потоков неопровержимо свидетельствуют о бурной деятельности этих вулканов миллионы лет назад.

Конечно, в телескоп Олимп увидеть нелегко. Но тем не менее и в прошлом астрономы хорошо знали район этой горы, поскольку над ней образуются огромные облака. Диаметр их иногда достигает 1000 километров. Недавно японские астрономы дали подробное описание поведения огромного облака диаметром около 500 километров, в течение многих лет висевшего над Олимпом.

Итак, рилли, огромные вулканы, долины, каньоны, лавовые потоки — все это мы можем отчетливо видеть на снимках поверхности Марса. Но едва ли не самой интересной особенностью марсианского рельефа являются русла рек. Открытие их было, пожалуй, самой большой сенсацией в исследовании Марса. Эти русла рек и являются серьезнейшим доказательством существования «райских» климатических периодов на Марсе, когда на поверхности планеты текли реки и, кто знает, быть может, именно в эти промежутки времени на Марсе расцветала жизнь.

Вот перед нами долина реки Мадим — ее длина около 700 километров, а извилистое русло древней реки Ниргал длиной около 400 километров. Протяженность русел рек между кратерами в области Хриса более 300 километров при перепаде высот около 3 километров.

Многие исследователи склоняются сейчас к тому, что огромные запасы воды сосредоточены на Марсе в его приповерхностном слое в виде вечномерзлых пород. И действительно, на поверхности планеты видны долины, на склонах которых много пустот типа карстовых образований в районах вечной мерзлоты Якутии. Очень сильные доказательства наличия воды в мерзлом состоянии под поверхностью дают фотографии некоторых метеоритных кратеров. На их склонах — характерные проявления типа грязевых потоков. При ударе поверхность нагревается, и жидкий грунт течет с вершины вниз.

Но есть еще более интересное предположение, состоящее в том, что на Марсе и по сегодняшний день существуют обширные водоемы и реки, впадающие в эти водоемы. Только водоемы покрыты сейчас слоем льда толщиной в десятки метров. Лед не виден на снимках,

так как он, в свою очередь, закрыт слоем марсианских песков. И вот на глубине около 30 метров и нынче текут под поверхностью загадочной красной планеты огромные реки, впадающие в подземные или, точнее, в подмарсианские моря.

А может быть, главные запасы марсианской воды сосредоточены в его северной полярной шапке. По некоторым оценкам, ее толщина вполне сопоставима с толщиной ледяного щита Антарктики. А ведь там мощность льда около четырех километров, и именно там сосредоточено более 90 процентов пресной воды Земли.

Все изложенные выше гипотезы чрезвычайно интересны. Как говорил Воланд в «Мастере и Маргарите», они «солидны и остроумны». Но... это только гипотезы. Прямых доказательств обширных районов с вечной мерзлотой на Марсе нет. Подводных рек и морей не видно. Толщина полярной шапки точно неизвестна. Как же быть? Ведь мы не знаем, когда на Марсе вновь начнется «долгая весна». То, что не на жизни нашего поколения, ясно. А решить эти загадки очень хочется.

Я уже говорил о том, что существуют проекты и высадки людей на Марс и создания марсохода с авто-



номным управлением. Если эти проекты будут реализованы лет через 20, многие читатели этой книги могут стать свидетелями поразительных открытий. Ну почему не предположить, что зародившаяся на Марсе в один из «райских периодов» жизнь не ушла под поверхность вместе с водой и в подземных морях Марса до сегодняшнего дня присутствуют экзотические, неизвестные нам формы жизни? Это, конечно, фантазия, но назвать ее совсем уж беспочвенной вряд ли можно.

Теперь два слова о спутниках Марса. Мужья редко слушаются своих жен. Существует даже французская поговорка, которая звучит примерно так: «Выслушай женщину и сделай наоборот». Американский астроном А. Холл вел тщательные наблюдения за Марсом в период знаменитого противостояния 1877 года. Он искал спутник Марса. Но многодневные наблюдения ничего не давали, и он решил прекратить бесплодные поиски. Супруга уговорила его поработать еще одну ночь, и Холл, будучи примерным семьянином (а быть может, ему просто надоело спорить), последовал совету жены, а не французскому рецепту. В результате этого курьезного случая и были открыты две луны Марса, получившие название «Страх» и «Ужас» — Фобос и Деймос.

Нельзя не рассказать о том, что существование этих лун было предсказано гениальным Д. Свифтом в «Путешествиях Гулливера». Самым поразительным является то, что лапутянские астрономы в великой книге правильно указали расстояние, на котором вращается Деймос вокруг Марса. А ведь книга была написана в те времена, когда астрономы просто не могли бы увидеть в свои маломощные телескопы спутники Марса...

Они совсем невелики. Размеры Фобоса в двух взаимно перпендикулярных направлениях 18 и 22 километра, а Деймоса — 10 и 16 километров.

На поверхности Фобоса видны параллельные борозды и кратеры от ударов. Пыль, покрывающая Фобос, глубокого черного цвета. Она отражает свет еще хуже, чем сажа. Быть может, эти спутники — одни из наиболее древних тел Солнечной системы. Нельзя исключить того, что они образовались из протопланетной туманности еще до рождения планет. Поэтому в космических исследованиях изучение малых тел Солнечной системы не менее важно, чем исследование планет.

Ну вот мы с вами и совершили небольшое путеше-

ствие по тому участку нашей Солнечной системы, где расположены планеты земной группы. Единственная планета, о которой мы не говорили, — это наша Земля. Небесное тело, примечательное во многих отношениях, а в первую очередь тем, что на ней присутствует высокоразвитая разумная жизнь. Объем книги просто-напросто не позволяет говорить о Земле столь же подробно, как, например, о Венере.

Объем накопленных к сегодняшнему дню знаний о нашей планете «породил» сотни томов научной литературы, посвященной и океанам, и атмосфере, и твердому веществу Земли. Даже беглое знакомство с нашей планетой требует отдельной книги, и поэтому «вернемся» на Землю чуть позже, когда мы будем говорить об обитаемых планетах в космосе. А сейчас отправимся дальше к планетам-гигантам, их спутникам и к самым дальним планетам Солнечной системы. Здесь, вдалеке от Солнца, нас ожидает немало загадочного.

Король планет

На расстоянии более 750 миллионов километров от нашего центрального светила движется король планет, несостоявшаяся звезда — Юпитер. Юпитер — Громовержец. У Юпитера четыре больших луны, Галилеевы спутники. В историографии системы Юпитера до сих пор идет спор: кто открыл его спутник первым — Галилей или С. Мариус, современник великого итальянца. Галилей горячо обвинял Мариуса в плагиате.

Вообще говоря, существуют некоторые указания на то, что за несколько месяцев до открытия спутников Юпитера Галилеем это сделал Мариус, но в современных учебниках астрономии имя Мариуса не упоминается, хотя именно он дал названия четырем лунам Юпитера — Ио, Европа, Ганимед, Каллисто — и, что гораздо важнее, установил параметры орбит точнее, чем Галилей. Читателю, знакомому с греко-римской мифологией, сразу станет ясно, что это имена возлюбленных грозного бога — Юпитера. Один из руководителей проекта «Вояджер», Д. Моррисон, остроумно заметил, что любвеобильность Юпитера дала бы возможность назвать женскими именами и другие одиннадцать спутников, и до сих пор еще не открытые луны этой планеты.

После смерти Галилея удалось выяснить, что Юпитер сильно сплющен. Его экваториальный диаметр

142 800 километров, а полярный лишь 133 500 километров. Для сравнения вспомним диаметр нашей Земли — 12 900 километров при сплющенности менее одного процента.

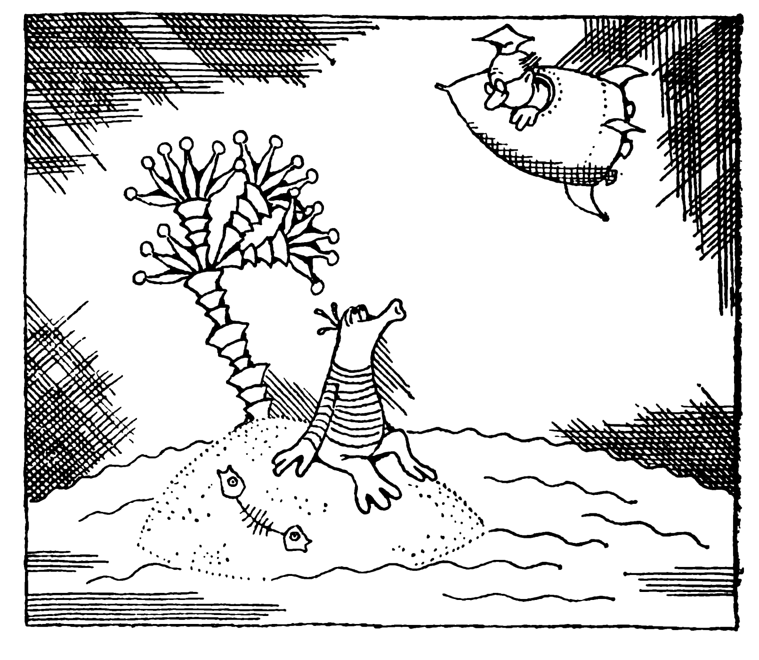
Масса Юпитера составляет $2 \cdot 10^{30}$ граммов, что в 318 раз превышает массу Земли. Зная массу и объем, можно без труда вычислить плотность Юпитера — 1,34 грамма в кубическом сантиметре, несколько больше, чем плотность воды. Поэтому ясно, что планеты-гиганты, имеющие низкую плотность, обладают химическим составом, фундаментально отличающимся от состава планет земной группы.

Видимая «поверхность» Юпитера состоит из облаков, имеющих очень низкую температуру — около минус 140 градусов Цельсия. А вот если мы опустимся на сотню километров ниже этих аммиачных облаков, то там будет уже теплее, будут земные комнатные температуры. Из недр Юпитера идет мощный тепловой поток. Его величина 10^{17} ватт, причем полюсы планеты теплее, чем экватор. За счет чего он образуется?

Мы уже говорили о том, что Юпитер — несостоявшаяся звезда. Всего в тысячу раз эта планета легче Солнца. Будь он примерно в 100 раз тяжелее, он бы стал не планетой, а звездой. Из-за гравитационного сжатия Юпитера со скоростью около 1 миллиметра в год тепловой поток из его недр в несколько раз превышает тепловой поток, получаемый им от Солнца. Теоретики рисуют нам такую картину раннего детства Юпитера: миллиарды лет назад «ребенок» был примерно вдесятеро больше, чем ныне. Зато светимость Юпитера за прошедшие 4,5 миллиарда лет уменьшилась в сотни миллионов раз.

В 1664 году в южном полушарии Юпитера заметили странный красноватый объект. Это было знаменитое Большое красное пятно, которое вскоре назвали Глазом Юпитера. На Юпитере появляются и белые пятна, но время их жизни куда меньше, чем у Большого красного пятна. Кроме всего этого, диск Юпитера исполосован красноватыми линиями, промежутки между которыми называют зонами.

В 1958 году в Англии вышла книга Б. Пика «Планета Юпитер». Долгие десятилетия в небольшой любительский телескоп он наблюдал диск Юпитера, и именно его сведения стали важнейшим источником для оценки перемен в поясах, зонах и пятнах. Стало ясно, что



на Юпитере четыре главных полосы и пять зон. Правда, число их может меняться иногда прямо-таки катастрофически: менее чем за час огромные образования, размером до десяти тысяч километров, меняют форму, цвет и положение на диске!

У Юпитера есть и свои циклы активности в 90 лет и 20—22 года. Правда, в 1962 году вместо ожидаемого снижения активности астрономы наблюдали серьезные возмущения в атмосфере короля планет, существенно изменившие его внешний вид.

Ну а Большое красное пятно? Это, по-видимому, единственное постоянное или долгоживущее образование на поверхности планеты. Пятно — это красный эллипс величиной примерно с Землю (большая ось — 40 000 километров, малая — 13 000). Причем пятно то увеличивается, то уменьшается. По меркам земной жизни у этого Глаза Юпитера солидный возраст — более 300 лет.

Белые пятна, или белые овалы, как их еще называют, соседствуют с Большим красным пятном. Их линейная величина сравнима с размерами Луны. Появились они впервые в 1939 году. Планетологам не дает покоя

неясная природа этих пятен и, конечно, Большого красного пятна.

Предположений высказано немало. Сначала думали, что Большое красное пятно всего лишь продукт деятельности огромного вулкана. Но мы-то сейчас знаем, что у Юпитера просто-напросто нет твердой поверхности. Затем решили, что пятно — это огромный остров, айсберг, плавающий в уплотненной нижней атмосфере Юпитера. Но и эта идея оказалась несовместимой со строением и динамикой атмосферы планеты. Сейчас полагают, будто пятно — это гигантский антициклон — вихрь с повышенным давлением. И будто бы время жизни этого чудовищного антициклона в атмосфере Юпитера может перевалить за десятки и даже сотни тысяч лет.

А почему пятно красное? Здесь стоит повнимательнее посмотреть на химический состав юпитерианской атмосферы. Ее основные компоненты — водород и гелий. В небольших количествах есть метан и аммиак, есть и следы воды, этана, ацетилена, гидрида германия, фосфина, окиси и двуокиси углерода и синильной кислоты. Предполагают, что самый верхний облачный слой состоит из аммиака, а пониже в облаках появляется гидросульфид аммония и вода. Но аммиак — бесцветный, а на Юпитере много желтого и красного. Скажем сразу, причина окраски Юпитера неизвестна, хотя пишут, что желтые и оранжевые органические полимеры могут образоваться из смеси метана и аммиака при разрядах молний. В подтверждение этой мысли были даже проделаны соответствующие лабораторные эксперименты. Эксперименты поведали, что окрасить пятно может красный фосфор, который, в свою очередь, может образоваться в самых верхних слоях атмосферы под влиянием ультрафиолета Солнца на фосфин (PH_3). Ну а как же тогда быть с маленькими красными пятнами на диске Юпитера? Ведь их высота не столь велика, как у Большого красного пятна. Этот вопрос не решен.

Пожалуй, хватит о пятнах. На Юпитере и, кроме них, немало интересного. Так же как и Земля, Юпитер обладает магнитным полем, но оно во много раз мощнее, соответственно мощнее и его радиационные пояса.

Атмосфера Юпитера вместе с облаками простирается на тысячу километров. Ниже плещется океан жидкого водорода глубиной в 25 тысяч километров. Еще ниже — зона жидкометаллического водорода, сменяющаяся мо-

рем жидкого гелия (глубина 1000 километров). Правда, это лишь предположение. И только самый центр Юпитера (что, впрочем, тоже весьма проблематично) представляет собой силикатное ядро (диаметр 24 000 километров). Давление в центре Юпитера — десятки миллионов атмосфер, а температура около 30 000 градусов Кельвина.

Мы уже говорили в одной из предыдущих глав о новой научной информации, полученной с космических аппаратов «Пионер» и «Вояджер», когда они пролетали мимо Юпитера и его спутников. Здесь и открытие колец Юпитера, и вулканы на Ио, и новые данные о поведении атмосферы Юпитера и Большого красного пятна, и многое другое. Чтобы портрет Юпитера был достаточно полным, надо поговорить о всех этих результатах чуть подробнее.

8 марта 1979 года «Вояджер-1», направив объективы телефотометра на Ио, получил «историческую» фотографию. Когда инженер-навигатор «Вояджера-1» Л. Морабито отработала ее на компьютере, то не поверила своим глазам, увидев облако над этим спутником Юпитера. Ведь было хорошо известно, что у Ио нет атмосферы в обычном понимании этого слова, а здесь, на фотографии, облако на высоте сотен километров от поверхности.

Весь следующий день она пыталась исключить возможные ошибки и лишь после этого показала фотографию членам научного комитета. «Это извержения вулкана», — заявили они в один голос, и 12 марта сообщение об этом удивительном открытии пошло в прессу.

В течение последующих нескольких дней было открыто еще семь действующих вулканов на самом близком к Юпитеру спутнике. А тут еще было обнаружено горячее пятно около вулкана Локи с температурой на 150 градусов Кельвина горячее, чем окружающая поверхность. Почему лишь на одном спутнике Юпитера есть действующие вулканы?

Ио расположен к Юпитеру ближе всех Галилеевых лун. Не считая трех маленьких спутников. И возможно, что приливные взаимодействия являются мощным источником энергии, разогревающим недра Ио и вызывающим фантастические извержения на его поверхности. А быть может, справедлива гипотеза американского астрофизика Т. Голда и советского ученого Э. Дробышевского.

Дело в том, что «Вояджер» открыл электрический ток силой более миллиона ампер, текущий от Ио до Юпитера. Горячие пятна на поверхности Ио могут служить местами проникновения электрического тока в тело спутника. А значит, в этих местах температура будет повышаться еще больше. И недаром одно из горячих пятен на поверхности Ио расположено рядом с действующим вулканом Локи.

Э. Дробышевский считает, что за 4 миллиарда лет своей жизни Ио мог потерять при извержениях количество воды, эквивалентное слою льда толщиной около 1000 километров.

Очень интересна его мысль о том, что небольшой спутник Амальтея, его размеры менее 200 километров, представляет собой остаток более крупного небесного тела. Другими словами, когда-то, миллиарды лет назад, было не четыре, а пять крупных спутников. Кроме известных четырех, был еще пятый, гипотетический — Амальтио, но поскольку орбита его находится еще ближе к Юпитеру, чем орбита Ио, все эффекты, возникающие за счет протекания униполярного тока между спутником и Юпитером, должны были быть для Амальтио еще сильнее. Вследствие этого, говорит Дробышевский, Амальтио был буквально испепелен Юпитером — Громовержцем несколько миллиардов лет назад, а сейчас остался лишь маленький его обломок неправильной формы — Амальтея...

Еще ближе к Юпитеру, чем Амальтея, находится 14-й спутник Юпитера — Адрастея, который, как полагают, может давать материал для колец Юпитера. Этот спутник был «открыт» студентом Калифорнийского технологического института Д. Джевиттом, который проводил детальный анализ фотографий «Вояджера-2» и сумел увидеть на них то, что проглядели другие, а весной 1980 года между Ио и Амальтеей был обнаружен (тоже при более тщательном просмотре материалов «Вояджера-1») 15-й спутник Юпитера, имеющий пока лишь номенклатурное обозначение 1979 J_2.

Мы сейчас не будем говорить о малых телах в системе Юпитера. Ведь размеры пятнадцатого спутника всего около 75 километров. Это, правда, побольше, чем размеры Фобоса и Деймоса, но и Юпитер больше, чем Марс.

Вернемся к Галилеевым лунам. Хотя их существование известно более трехсот лет, «Вояджеры» открыли

нам поистине четыре новых мира. Юпитер со своими спутниками напоминает Солнечную систему в миниатюре. И конечно, огромные Галилеевы спутники (Европа чуть меньше Луны, а Ганимед размером почти с Марс) заслуживают того, чтобы поговорить о них подробнее.

Итак, начнем с Каллисто, самого удаленного от Юпитера большого спутника, спутника с наименьшей плотностью: 1,8 грамма в кубическом сантиметре, и второго, после Ганимеда, по своим размерам. Его диаметр 4840 километров. Он наименее геологически активный среди больших спутников Юпитера. Вся поверхность Каллисто покрыта кратерами, диаметр которых достигает ста километров. Как будто спутник переболел космической оспой миллиарды лет тому назад. Это мертвый с точки зрения геологов мир, но очень интересный для изучения роли метеоритных ударов в формировании поверхности планет.

Самый большой из Галилеевых спутников — Ганимед (его диаметр примерно 5270 километров) — чуть плотнее Каллисто, 1,9 грамма в кубическом сантиметре. По-видимому, такая плотность может означать, что и



Ганимед и Каллисто состоят наполовину из горных пород, а наполовину из... воды.

Чем ближе к Юпитеру расположен спутник, тем он более геологически активен. Поверхность Ганимеда сильно отличается от поверхности Каллисто. Если на Каллисто видны практически одни лишь кратеры, то на Ганимеде есть районы с ясно выраженной тектонической деятельностью: долины, террасы, горы. В то же время значительная часть поверхности Ганимеда напоминает поверхность Каллисто.

Очень интересен тот факт, что на Ганимеде есть такие участки коры, которые как будто подтверждают соображения о тектонике плит. Мы видим на фотографиях образования, типичные при движениях одного участка коры относительно другого. На поверхности Ганимеда есть лед, что дало возможность выдвинуть идею о существовании водно-ледяной мантии на Каллисто и Ганимеде. А это, в свою очередь, породило соображения о том, что в мантиях этих спутников Юпитера может существовать жизнь. Это предположение, на мой взгляд, маловероятно и труднопроверяемо, но мы знаем, что природа любит преподносить нам сюрпризы.

Из-за того, что на поверхности Ганимеда есть лед, он может иметь атмосферу. Экспериментально эта атмосфера не была обнаружена «Вояджерами», но оценки показывают, что ее плотность не превышает одной миллиардной от плотности земной атмосферы.

Разница между Ганимедом и Каллисто поразительна, но сегодня никто не знает, почему возникли столь сильные различия. Быть может, из-за того, что температура на Ганимеде чуть выше, чем на Каллисто, там работает какой-то «пусковой» механизм, превращающий геологически мертвую планету в живую. Но это пока лишь слова...

Европа на 15 процентов меньше Луны и имеет довольно высокую плотность, 3 грамма в кубическом сантиметре. Такая плотность вполне допускает существование льда на этом спутнике, и оценки показывают, что, если бы весь этот лед поместить на поверхность, он образовал бы кору толщиной около 100 километров. Поверхность Европы покрыта полосами шириной до 70 километров и длиной от сотен до нескольких тысяч километров. О геологии Европы известно меньше, чем о геологии остальных Галилеевых лун.

Об Ио мы уже говорили. Мне хочется лишь отме-

тить, что у Ио на поверхности обнаружены огромные количества серы. Это дало возможность построить очень экстравагантную модель. Американский геолог С. Киффер предположил, что большую часть поверхности Ио занимает корка, состоящая из смеси твердой серы и твердой двуокиси серы. Под коркой — море из смеси твердой серы и жидкой двуокиси серы, а еще ниже море из расплавленной серы в несколько километров глубиной. Во время извержений вулканы выбрасывают 100 тысяч тонн материала. Охлаждаясь, он в виде серного дождя выпадает на поверхность Ио. Но около десяти тонн в секунду ускользает и переносится по магнитным силовым линиям к Юпитеру.

Ио — во всех отношениях удивительный мир. В сотнях миллионах километров от Земли находится небесное тело, гораздо более активное, чем наша Земля. Процессы, идущие на Ио, бесспорно сегодня поняты не до конца.

Информация, полученная с «Вояджеров» относительно системы Юпитера, еще многие десятилетия будет будоражить умы планетологов. Но впереди нас ожидают новые открытия. В середине 80-х годов к Юпитеру отправится новый космический аппарат под названием «Галилео». На высоте 450 километров над юпитерианскими облаками от него отделится зонд-камикадзе, то есть зонд, которому вскоре суждено будет погибнуть. На высоте 90 километров над облаками откроется парашют и начнется плавный вход аппарата в атмосферу Юпитера. Вот тогда мы узнаем гораздо больше о тайнах короля планет. Пока же проследуем вместе с «Вояджерами» к Сатурну и его спутнику Титану.

Тайны Сатурна

Вспомним сначала, как был озадачен великий Галилей, впервые увидевший кольца Сатурна. В свой весьма несовершенный телескоп с увеличением всего в 30 раз он смог увидеть, что вблизи Сатурна находятся какие-то придатки. На самом деле он видел части кольца сбоку от планеты и промежутки, отделяющие кольцо от самого Сатурна. Поскольку в то время никто и предположить не мог, что у Сатурна есть кольцо, Галилей думал, что планета имеет по бокам нечто вроде спутников, хотя, конечно, в этом случае совершенно было непонятно, как решить вопрос с их вращением. И Га-

лилей заколебался. А заколебавшись, последовал традиции: опубликовал зашифрованный текст своего открытия — анаграмму.

Публикация анаграммы имела свои неоспоримые достоинства. Если открытие будет подтверждено, приоритет все равно за Галилеем. Если наблюдения ошибочны, анаграмма умрет вместе с автором, поскольку 300 лет назад еще не было способов дешифровки сообщений. Правда, Кеплер пытался расшифровать анаграмму Галилея, но сделал это неверно, так как выбросил из анаграммы две буквы. В результате он получил следующую фразу (в переводе на русский): «Привет вам, близнецы, Марса порождение». Кеплер ошибся лишь частично, поскольку у Марса, как мы знаем, действительно оказалось два спутника. На самом же деле Галилей записал следующую фразу: «Высочайшую планету тройною наблюдал». Вся эта забавная история более подробно изложена в прекрасной книге профессора Воронцова-Вельяминова «Очерки о Вселенной».

Совершенно ясно, что для земного наблюдателя очень важно, под каким углом расположены кольца Сатурна. Поскольку они очень тонки, то, если смотреть на них «с ребра» в слабый телескоп, их можно и вообще не увидеть. Так что задача была не простой, и недаром Х. Гюйгенс, который первым понял, что Сатурн окружен кольцом, и объяснил все вариации, происходящие при наблюдениях, тоже зашифровал свое открытие анаграммой.

Гюйгенс решился открыто расшифровать ее только через три года после опубликования, когда убедился в правильности своих результатов. Запись Гюйгенса выглядела так: «Кольцом окружен тонким, плоским, нигде не прикасающимся, к эклиптике наклонным».

Вообще говоря, такой метод научных публикаций стоит взять на вооружение некоторым авторам — любителям дешевых научных сенсаций, которые, не колеблясь ни секунды, печатают статьи и книги, полные сомнительных, а иногда и полностью лженаучных сообщений. Но вернемся к кольцам Сатурна, которые в 1980 году были сфотографированы с космических аппаратов, сотни лет спустя после анаграмм Галилея и Гюйгенса.

В ноябре 1980 года, когда начались съемки Сатурна и его колец с расстояния в 8 миллионов километров, фотографии стали приносить сюрприз за сюрпризом. Выявилось, что кольца состоят из 95 концентрических по-

лос, на которых, в свою очередь, можно различить около тысячи деталей, напоминающих канавки граммофонной пластинки. Чуть позже данные «Вояджера-2» продемонстрировали, что у Сатурна десятки тысяч колец. Заодно были открыты и несколько новых спутников Сатурна. До полетов «Вояджеров» было известно 10 спутников Сатурна. Сейчас — 17.

Кольца Сатурна именуют буквами латинского алфавита: внутреннее, самое близкое к планете, называют кольцом C, подальше — кольцами B, A... «Вояджеры» открыли новые кольца D, F, G, E. Самое невероятное — это структура кольца F, которое само состоит из трех отдельных колец, как бы переплетенных в жгут. Как такое объяснить законами небесной механики?

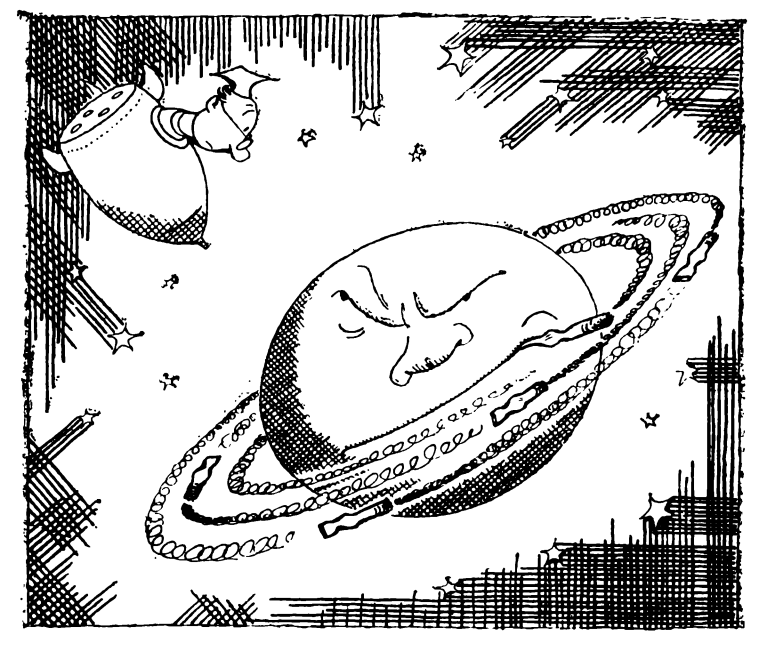
Главная головоломка с кольцами Сатурна (кстати, похожая на загадку колец Юпитера) — их устойчивость, вернее, неустойчивость. У них не может быть, как говорят планетологи, космогонический возраст, то есть возраст, близкий к возрасту Солнечной системы. Следовательно, некий источник снабжает кольца соответствующим материалом.

Высказана идея, что совсем недавно, несколько тысяч лет назад, взорвался Титан — громадный спутник Сатурна. И взорвался он из-за электролиза льдов под воздействием тока (вспомним Ио), текущего через его тело. Так вот, ледяные и горные осколки после чудовищного взрыва будто бы и пополняют веществом кольца Сатурна. Увы, последние данные о Титане делают эту гипотезу не очень-то правдоподобной, хотя она и красива.

Писали и о том, что кольцо F состоит из плазменных шнуров. Но это уж совсем невероятно: для шнуров требуется такая высокая плотность плазмы, что она явно будет неустойчива.

Очень интересную гипотезу по поводу происхождения колец Сатурна и их особенностей выдвинул сотрудник Института космических исследований В. Давыдов. Множество отдельных очень узких элементов, из которых состоят кольца, Давыдов объясняет тем, что в пространстве между кольцами находятся «дымящие» тела, непрерывно снабжающие кольца веществом в виде микрочастиц. Общее количество этих «дымящих» тел достигает тысячи.

Эти тела представляют собой кометоподобные образования, которые постепенно разрушаются, питая своим



веществом кольца Сатурна. В этом случае все особенности кольца F получают достаточно естественное объяснение. Неровности нитей могут быть обусловлены не только гравитационными возмущениями, но и вращением «дымящего» тела и неравномерностью выделяющегося из него дыма. Скорость вылета микрочастиц из «дымящего» тела невелика — около 10 метров в секунду.

Но не только кольцо F поставило после полета «Вояджеров» ряд сложных вопросов. На многих снимках кольца B мы видим темные полосы размером более 7 тысяч километров, которые имеют радиальную структуру и вращаются вокруг Сатурна. Они сохраняют свою форму в течение продолжительного времени. Ученые назвали их «спицами». Предполагается, что «спицы» — облака мелких наэлектризованных частиц, вытолкнутых из плоскости кольца и увлекаемых магнитным полем Сатурна.

В. Давыдов предложил другую гипотезу. Он считает, что если в кольце есть удлиненные частицы, то они под воздействием магнитного поля планеты ориентируются перпендикулярно плоскости кольца и поднимаются как ворс на бархате.

Очень интересно поведение двух спутников Сатурна — S_{10} и S_{11}. Подумать только — они обращаются вокруг Сатурна практически по одной орбите! Минимальное расстояние между ними всего каких-то 50 километров! В то же время размер S_{10} около 100, а S_{11} — около 65 километров. Казалось бы, в точке сближения они неминуемо столкнутся. Однако этого пока не было. Почему? Одно из объяснений таково: в тот момент, когда S_{10} и S_{11} сближаются, происходит так называемое «возмущение» их орбит, и спутники по подковообразной траектории огибают друг друга.

Поговорим теперь об одном из самых замечательных тел Солнечной системы, о луне Сатурна — Титане. Это самый большой из спутников Сатурна. Единственная из лун Солнечной системы, которая имеет плотную атмосферу, причем более плотную, чем наша Земля. Мало того, вполне возможно, что Титан и Земля — два члена семейства Солнца, которые имеют океаны на своей поверхности. Только земные океаны абсолютно непохожи на океаны Титана.

Титан был открыт Х. Гюйгенсом весной 1655 года. Около двух веков он оставался безымянным, до тех пор, пока сэр Д. Гершель не решил дать названия семи известным к тому времени спутникам Сатурна. Название было вполне удачным, так как по своим размерам с учетом атмосферы Титан — самая большая из лун Солнечной системы, а размеры твердого тела Титана (радиус 2575 километров) превосходит лишь Ганимед, радиус которого 2640 километров. Первым, кто сказал об атмосфере Титана, был каталонский астроном Д. Сола́. Сейчас трудно сказать, действительно ли видел атмосферу Титана Сола. Он скомпрометировал себя ошибочными публикациями об облаках над спутниками Юпитера. Тем не менее после публикаций Сола сэр Д. Джинс включил Титан как пример в свои знаменитые расчеты об ускользании атмосфер с различных планет Солнечной системы. Джинс показал, что если температура Титана находится в пределах 60—100 градусов Кельвина, то вещества с молекулярным весом более 16 никогда не смогут оставить луну Сатурна.

Много газов имеют молекулярный вес свыше 16, и среди них наибольший интерес представляет аммиак, который присутствует в атмосферах Юпитера и Сатурна, но аммиак при тех температурах, которые предполагались на Титане, не мог бы существовать в виде газа, он

должен быть твердым, замерзать. Есть, конечно, и другие газы: аргон, азот, но поиски их были затруднены тем обстоятельством, что эти газы не поглощают свет в инфракрасной области. Поэтому астрономы стали искать в атмосфере Титана метан (молекулярный вес равен 16), и в 1944 году Д. Койпер из Чикагского университета обнаружил его при исследовании спектров Титана.

В течение последующих перед полетом «Вояджера» десятилетий появились дополнительные модели атмосферы Титана. Многие из них были противоречивы.

К концу 70-х годов остались лишь две конкурентоспособные модели. Согласно одной из них температура поверхности Титана 86 градусов Кельвина, давление у поверхности 20 миллибар, около 0,02 давления у поверхности нашей Земли, а атмосфера на 90 процентов состоит из метана. Эту модель предложили ученые из Принстона. Д. Хантен, о котором мы упоминали ранее, был не согласен с этой моделью. По его мнению, атмосфера Титана должна состоять из азота, температура у поверхности — около 200 градусов Кельвина, а давление в тысячу раз больше, чем давали его коллеги из Принстона, — около 20 бар, то есть в двадцать раз больше, чем на Земле. Эксперименты, проведенные в ноябре 1980 года, когда «Вояджер» прошел всего в 7 тысячах километрах от Титана, прояснили картину и позволили понять истинное положение вещей.

Хочу заметить, что мы современники удивительных событий, происходящих на наших глазах в науке. Если сравнительно недавно наши знания основывались лишь на данных чисто астрономических наблюдений и были поэтому неполными, то сегодня положение резко изменилось. Космические исследования настолько сузили диапазон ошибок, исключили столь много неоднозначностей в наших представлениях, что в ряде случаев только изучение планет с помощью космических аппаратов дает возможность расставить все точки над «и» и добиться окончательного решения того или иного научного вопроса.

Справедливости ради необходимо сказать, что и космические исследования отнюдь не всегда являются истиной в конечной инстанции. Но в случае Титана именно эксперименты «Вояджера» помогли правильно решить загадки спутника Сатурна. Истина, как всегда, лежала посредине. Хантен оказался прав в отношении азота. Именно он основной компонент в атмосфере Титана.

Но принстонцы были правы в отношении температуры, она оказалась равной 95 градусам Кельвина у поверхности. Давление же атмосферы составляет около полутора атмосфер. Чуть выше, чем у поверхности Земли.

Атмосфера Титана содержит сильнейший яд — синильную кислоту, много углеводородов: метан, этан, пропан, ацетилен, этилен, диацетилен, метилацетилен. Есть и азотсодержащие компоненты: цианацетилен, цианоген. Следующие после азота по распространенности газы в атмосфере Титана — аргон, его чуть больше десяти процентов, и метан, чуть меньше десяти процентов. Есть в атмосфере и водород и углекислый газ.

Атмосфера Титана простирается на высоту более 400 километров над его поверхностью, на уровне высот между 200 и 300 километров находится поглощающая свет дымка, а под нею слой аэрозоля красноватого цвета. Этот слой образован полимерными частичками, возникающими под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца на атмосферу Титана.

На высоте около десяти километров от поверхности могут формироваться метановые облака. В этом случае на поверхности Титана могут быть метановые моря, дожди на Титане состоят из капель жидкого газа, который используется на Земле как природное топливо.

Солнце и звезды не видны с поверхности Титана. В полдень там так же темно, как в лунную ночь на Земле. Космонавтам, которые когда-нибудь высадятся на этом спутнике Сатурна, будет нелегко. Для исследования Титана им придется иметь корабль, так как согласно некоторым широко принятым сегодня концепциям вся поверхность Титана покрыта метановым океаном...

Поистине удивительная атмосфера Титана поставила перед учеными новые интереснейшие проблемы. Как могла образоваться такая атмосфера? Какие процессы в ней происходят?

При рассмотрении этих вопросов возникла идея о том, что, быть может, именно на поверхности Титана лежит ключ к тайне происхождения жизни. Я обсуждал эти вопросы с известными американскими учеными Т. Оуэном и К. Саганом, и вот к чему сводится их точка зрения. Все наши эксперименты на Земле по абиогенным синтезам органических соединений в условиях, моделирующих природные условия на ранней Земле, ограничены временем жизни человечества. Никому еще не удалось создать в лаборатории цепочку нуклеиновой

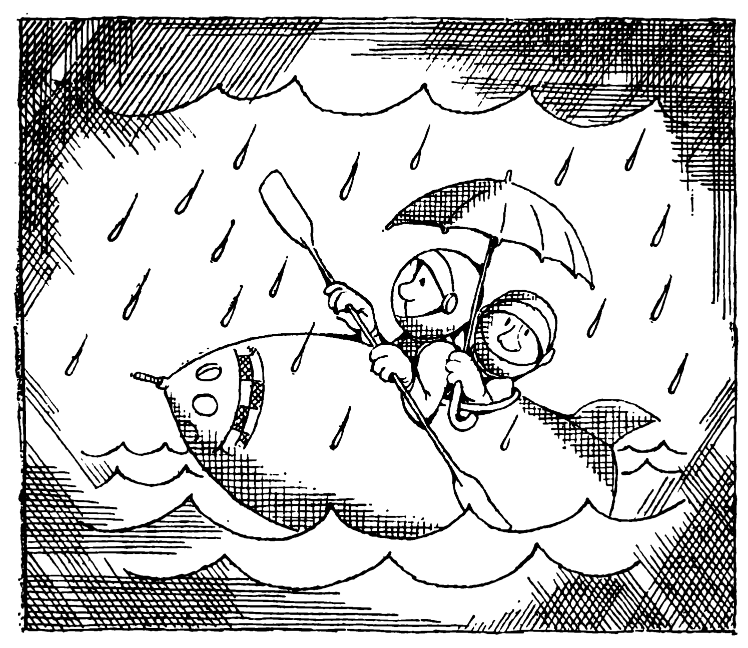
кислоты. Как сказал Оуэн, «лабораторная трубка мала, да и времени немного». А у природы и времени достаточно, и места хватает.

И вот именно Титан можно рассматривать как огромную природную лабораторию планетарного масштаба для экспериментов по предбиологическим синтезам. Состав атмосферы для этого исключительно благоприятен.

О каких абиогенных синтезах может идти речь, если на Титане нет кислорода? Дело в том, что средняя плотность Титана (1,9 грамма на квадратный сантиметр) указывает нам на присутствие большого количества водяных льдов на этом спутнике Сатурна, — вот и источник кислорода. И по оценкам Сагана, поверхность Титана покрыта километровым слоем органических соединений. Так что нет никаких сомнений в том, что Титан представляет собой первостепенный интерес для будущих космических экспериментов.

Теперь буквально несколько слов о самых дальних планетах — Уране, Нептуне, Плутоне.

Уран и Нептун имеют мощные атмосферы, которые, однако, отличаются от атмосфер Юпитера и Сатурна по двум причинам. Во-первых, тела Урана и Нептуна со-



стоят из льдов с примесью горных пород, и эти тела весьма значительны. Во-вторых, на самой окраине Солнечной системы, где они формировались, температуры еще ниже, чем в зоне Юпитера и Сатурна. Теоретики предполагают, что Уран, например, на $^3/_4$ своего радиуса состоит из твердого вещества. В центре планеты находится ядро из горных пород, далее идет ледяная мантия, состоящая из льдов метана и аммиака, а потом газожидкая оболочка, в которую входят водород, гелий, метан и аммиак. Содержание метана на Уране и Нептуне гораздо больше, чем на Юпитере.

Это очень большие планеты: Уран почти в 15 раз тяжелее Земли, а Нептун — в 17. Не только масса, но и размеры их достаточно внушительны. Радиус этих планет примерно в четыре раза больше земного. А вот плотность невелика — 1,27 грамма в кубическом сантиметре у Урана и чуть больше у Нептуна — 1,62. Обе планеты имеют горячие недра. Температуры в центре достигают 10 — 14 тысяч градусов Кельвина, а давления — нескольких миллионов атмосфер.

Уран так же, как и Венера, вращается в обратном направлении вокруг своей оси. Причем Уран вращается как бы лежа на боку. У Урана обнаружены кольца.

На самой окраине Солнечной системы почти в 40 астрономических единицах от Солнца расположена девятая, последняя из известных человеку планет — Плутон. Эта планета самая маленькая в семействе Солнца. Радиус ее всего 1400 километров. При низкой плотности — 1,5 грамма в кубическом сантиметре — и вес ее совсем незначителен: Плутон почти в тысячу раз легче Земли. Не совсем ясно даже сегодня, имеет ли он хоть какую-нибудь атмосферу. Эта планета меньше, чем Луна и многие спутники планет-гигантов.

Наше короткое путешествие по «планетной галерее» закончено. Мы увидели с вами, как велико разнообразие условий на планетах. Как они непохожи друг на друга. Быть может, за Плутоном есть еще и другие планеты? На этот вопрос мы сегодня ответить не можем. Поиски этих планет очень трудное дело.

Глава V

НЕБЕСНЫЕ ГОСТИ

Ни одно небесное явление не порождало у человечества столько суеверий, как кометы. Ни одно небесное явление не вызывало столь сильного страха, как кометы. Почему? Мы помним, какое значение придавали люди тысячелетия назад расположению светил на небе. Планеты и звезды отождествлялись с самыми различными богами и, конечно, выражали их волю. Так зародилась астрология — псевдонаука, существовавшая со времен Вавилона.

Интересно, что астрология расцветала особенно пышно во времена упадка и мракобесия. Так, даже величайший астроном древности Птолемей незадолго до крушения Римской империи писал: «То, что некая сила испускается и распространяется из вечного мирового эфира на все, что окружает Землю, и то, что оно полностью подвластно изменению; то, что первые подлунные элементы — огонь и воздух — окружены эфиром и изменяются посредством движений в эфире, и то, что они затем также окружают и изменяют все находящееся внутри их — землю и воды, растения и животных, — это совершенно ясно каждому и мало нуждается в упоминании. Солнце вместе с окружающей его средой неким образом всегда распространяет свой порядок на все находящееся на Земле... Луна, как ближайшее к Земле тело, оказывает свое влияние на Землю; большинство одушевленных и неодушевленных предметов симпатизируют ей и изменяются вместе с ней: реки увеличивают и уменьшают свои течения с ее светом, моря изменяют свои приливы с ее восходом и заходом, а растения и животные в целом или отчасти растут или уменьшаются вместе с ней... Прохождения неподвижных звезд и планет также дают обильные предсказания относительно состояния окружающей среды (жара, ветер, снег), что обусловливает также все живущее на Земле».

В средневековой Европе в XII—XIII веках также господствовала астрология. Вера в магию, предопределенность человеческой судьбы, неизбежность тайных сил

была повсеместной. Наиболее известные ученые считались носителями тайного знания, магами и чудотворцами.

Все суеверия античной древности перешли в средневековье и были даже приумножены в эти мрачные времена. Именно тогда стали пользоваться огромной популярностью гороскопы. Они были основаны на периодических, повторяющихся изо дня в день (вернее, из ночи в ночь) движениях звезд и планет на небе. Считалось, что движение звезд управляет жизнью на Земле, определяет порядок вещей, а соединение планет нарушает его.

Кометы

Очень многое можно предсказать в этом мире на основе нескольких простых правил. И именно поэтому можно представить себе, какое недоумение и страх вызывали у людей в те времена непериодические неожиданные явления на небе. А именно таким образом и являлись кометы людям в древности.

Правда, еще в начале нашей эры Сенека высказал гениальную догадку о периодичности комет. Он писал: «Кометы становятся видимыми для нас, когда спускаются к нам, и исчезают из наших глаз, когда возвращаются в ту область, из которой они пришли, погружаясь в бездны эфира, подобно рыбам скрывающимся в глубине моря... Нечего удивляться, что законы движений комет остаются для нас еще не вполне понятными: эти светила появляются так редко и так долго заставляют ждать своих следующих периодических возвращений... Придет время, когда прилежное изучение сделает эти, пока еще скрытые от нас, истины очевидными для всех!»

Сейчас-то мы знаем, что Сенека был прав. Многие из комет периодичны, но в те времена этот факт был неизвестен, и появление комет вселяло в человека ужас.

«Она навела столь великий ужас, — писал о комете 1527 года один из современников, — что иные от страха умерли, а другие захворали». В небесных явлениях, и чаще всего именно в кометах, многие монархи искали или предсказание успеха в войнах, или же оправдание своих собственных неудач, разорения государств, мора и болезней. Да что говорить о невежественных властителях! Лучшие умы были подвержены этим суеве-

риям. Еще в начале нашей эры Плиний Старший писал: «Комета... звезда ужасная, она предвещает немалое кровопролитие, чему мы видели примеры в событиях, которые были во время консульства Октавия». Историк Светоний полагал, что все кровопролития, зверства, сопутствующие появлению Нерона, были предопределены кометой, появившейся над Римом. Она, дескать, так повлияла на него, что он уже не мог остановиться в своих чудовищных злодеяниях.

Когда закованные в броню нормандские бароны во главе с Вильгельмом Завоевателем высадились на берегах туманного Альбиона, к Земле приближалась комета Галлея. Шел 1066 год, войска нормандцев и англичан приближались навстречу друг другу под Гастингсом. Английский король Гарольд потерпел в битве при Гастингсе сокрушительное поражение, был убит в сражении, и, понятное дело, придворный астролог-звездочет «списал» поражение англичан на комету Галлея. А королева Матильда Фландрская, супруга Вильгельма Завоевателя, выткала в честь его победы ковер, на котором была изображена все та же комета, но уже как предвестник победы Вильгельма.

В русских летописях также не были обойдены молчанием небесные гостьи: «В лето 7127 (1618) бысть знамение велие: на небесах явися над самою Москвою звезда... светлостию же она... звезд светлее. Она же стояще над Москвою, хвост же у нее бяше велик. И стояше на Польскую и на Немецкие земли хвостом. Царь же и людие все, видя такое знамение на небесех, вельми ужасошася. Чаяху, что сие есть знамение московскому царству, и страшахуся от королевича, что в тое же пору пришед под Москву. Мудрые же люди философы о той звезде стаху толковати, что та есть Звезда не к погибели московскому государства, но к радости, к тишине. О той же Звезде толкуется: как она стоит главою над которым государством, ни которова же мятежа в том государстве не живет, а на кои государства она стоит хвостом, в тех же государствах бывает всякое нестроение и бывает кровопролитие многое и междоусобные брани и войны великие меж ними. Також толкование и сбысться».

Нам стоит вспомнить, что в эти годы в России только закончилось Смутное время — великая разруха Московского государства, связанная с правлением Федора Иоанновича, появлением на престоле Бориса Годуно-

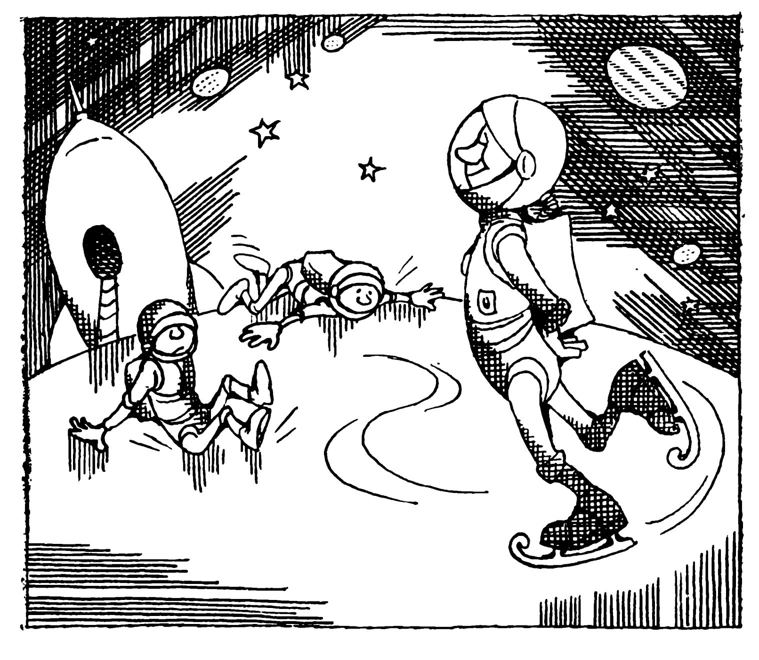
ва, вторжением поляков, Лжедмитрием... И вот, несколько лет спустя после того, как на престоле воцарился родоначальник новой династии Михаил и Московское царство стало оправляться от страшных потрясений, на небе появляется комета Галлея. Конечно, она рассматривалась как предвестник изменений в лучшую сторону.

Да, суеверия в те времена были просто неистребимы. Даже великий врач эпохи Возрождения Парацельс, который нанес смертельный удар по алхимии, был им подвержен. На его примере особенно ярко проявилась та смесь схоластического невежества с гениальным прозрением, которая была характерна для многих выдающихся людей средневековья. Ведь, с одной стороны, он говорил: «Химия — один из столпов, на который должна опираться врачебная наука. Задача химии вовсе не в том, чтобы делать золото и серебро, а в том, чтобы готовить лекарства». И в то же самое время был абсолютно уверен в возможности создания гомункула в колбе и полагал, что кометы посылаются нам ангелами как предупреждение о смерти. Правда, кое-какие «основания» для последнего заключения у Парацельса имелись. Дело в том, что смерть ряда известных людей случайно совпала с появлением комет. Действительно, в годы смерти Аттилы и Магомета, Генриха I и Ричарда Львиное Сердце, пап Иннокентия IV и Урбана IV на небе возникали небесные гостьи.

Ясно, что разные люди видели в этом явлении разные вещи, и «предсказания будущего», основанные на явлении человечеству комет, иногда полярно отличались, что приводило, мягко говоря, к «недоразумениям», о многих из которых рассказано в уже упоминавшейся книге Б. Воронцова-Вельяминова.

В 1453 году турки заняли Константинополь, вырезав при этом все христианское население города. У католической церкви вызревал план нового крестового похода, и тут в 1456 году на небе появилась комета. Папа Каликст III объявил, что поскольку комета эта якобы имеет форму креста, то она предвещает скорую победу христиан над «неверными».

Но мусульмане тоже не дремали. Они (вообще говоря, с гораздо большим основанием, нежели римский папа) заявили, что комета похожа на ятаган — любимое оружие Магомета. Ну а если так, то комета — символ гибели «неверных». Аргументация поклонников пророка



дошла до Европы, и умники из Ватикана сообщили о новой трактовке появления кометы папе.

Папа Каликст III, будучи человеком не очень образованным, все же знал, что такое ятаган, и в ужасе отрекся от своего пророчества, проклял комету — исчадие ада и приказал ежедневно в полдень звонить в колокола и проклинать в молитвах и турок и комету. Но турки потерпели вскоре поражение в битве под Белградом, и, таким образом, комета, похожая на ятаган, «сработала» в пользу католической церкви, а не ислама.

В более поздние времена Браге и его ученики определили расстояние до кометы 1577 года, проведя одновременные наблюдения ее из двух удаленных друг от друга обсерваторий. Оказалось, что комета находится от Земли значительно дальше, чем Луна, и, следовательно, кометы являются вполне самостоятельными телами. Их необходимо тщательно изучать, чтобы понять их природу и происхождение.

Но даже спустя сотни лет после открытия Браге суеверие и страх перед кометами не исчезли. Португальский король Альфонс IV, увидав в конце 1664 года комету, ругательски ругал ее, думая, что она предвест-

ник его смерти. И, будучи человеком отнюдь не трусливым, грозил ей пистолетом. Эта же комета заставила Людовика XIV собрать в Париже астрономов, священников, философов, чтобы получить ответ на вопрос о том, как повлияет комета на его здоровье. Таким образом, первый симпозиум по кометам можно приурочить к временам д'Артаньяна. Многие, конечно, смеялись над подобными предрассудками, и даже при дворе самого Людовика XIV не все верили в то, что комета — предвестник беды для царственных особ. Но, памятуя о совпадениях, упомянутых уже нами, брат Людовика XIV вполне серьезно возразил скептикам и острякам: «Хорошо вам, господа, шутить: вы не принцы!»

Отметим, что уже в эти времена находились люди, резко возражавшие против суеверий, связанных с кометами. Философ Гассенди, современник Людовика XIV, вполне справедливо говорил, что «кометы действительно страшны, но только вследствие нашей глупости».

Шли годы. В XVIII веке каждый мало-мальски образованный человек уже знал, что комета — небесное тело. Страх у обывателя принял теперь другие формы. Люди стали бояться, что комета может столкнуться с Землей и вызвать тем самым страшную катастрофу. В 1773 году Францию охватила паника. Дело в том, что во Французской академии должен был состояться доклад о возможном влиянии комет на высоту приливов в океане. Каким-то образом это стало известно широкой публике, и чудовищные слухи о предполагаемом новом потопе и конце света поползли по стране. В соборах стали служить молебны для предотвращения катастрофы. Беранже откликнулся на эту панику следующими строфами:

Бог шлет на нас ужасную комету,
Мы участи своей не избежим;
Я чувствую, конец приходит свету,
Все компасы исчезнут вместе с ним.

С пирушки прочь вы, пившие без меры,
Немногим был по вкусу этот пир, —
На исповедь скорее, лицемеры!
Довольно с нас, состарился наш мир...

Вольтер с присущей ему язвительностью и скептицизмом осуждал все «предсказания» грядущего конца света. Медленно, но верно наука открывала один за другим секреты комет.

Современник великого Ньютона и его близкий друг,

выдающийся английский астроном Э. Галлей внес в свое время самый серьезный вклад в исследование комет. Имя этого одаренного человека — астронома, капитана флота, военного инженера — навсегда останется в истории науки. Через несколько лет, в 1985—1986 годах, весь мир будет вспоминать его, поскольку именно в это время комета, названная в его честь, приблизится снова к Земле. Галлей занялся изучением движения комет в 1682 году, а в 1704 году вышла в свет его книга «Обзор кометной астрономии». Немалую помощь оказал Галлею в этой работе Ньютон.

Работая над каталогом кометных орбит, Галлей наткнулся на поразительное обстоятельство: три кометы, которые люди видели в 1531, 1606 и 1682 годах, имели очень похожие друг на друга элементы орбит. И Галлей предположил, что это не три разные кометы, а одна и та же, периодически подходящая к Земле, а затем удаляющаяся от нее. Визит к окрестностям Земли эта комета совершает не часто — один раз в 75 лет. И, значит, она имеет очень вытянутую, эллиптическую орбиту, что и предполагал великий Ньютон.

Галлей предсказал возвращение кометы в 1758 году. Он писал: «...я с уверенностью решаюсь предсказать ее возвращение на 1758 год. Если она вернется, то не будет больше никакой причины сомневаться, что и другие кометы должны снова возвращаться к Солнцу».

Очередной триумф закона всемирного тяготения Ньютона и замечательного предсказания Галлея состоялся в начале 1759 года. Сам Галлей, к сожалению, не дожил до момента возвращения кометы — своего звездного часа.

Французские математики и астрономы, имея в руках более точные данные о влиянии возмущений, производимых планетами на движение кометы, внесли коррекции в оценки Галлея и заявили, что комета 13 апреля 1759 года пройдет через перигелий, то есть именно тогда она и будет ближе всего к Земле.

Расчеты французов были точны. В честь женщины-астронома Г. Лепот, принимавшей участие в этой работе, Французская академия наук назвала ее именем диковинный цветок, неизвестный ранее в Европе и недавно привезенный туда из Японии, — гортензия. Ну а сама комета, естественно, получила имя того, кто отдал ей многие годы своей жизни. Здесь ни у кого не возникало ни малейших сомнений. Комета получила имя Галлея.

С этих именно пор и возникла традиция присваивать комете имя того, кто открыл ее или хорошо изучил ее движение.

Итак, что же представляют собой кометы и почему они так сильно интересуют ученых?

Само слово «комета» ведет свое происхождение от греческого слова «кометис», что означает «волосатый» или «бородатый». Название одной из первых книг о комете 1618 года звучало так: «Небесная труба, пробуждающая поутру, или комета с длинной бородой». И действительно, все крупные кометы, которые можно наблюдать без помощи телескопа, как правило, имели хвост, а то и не один. Именно по поводу формы огромного хвоста кометы 1456 года (читатель без труда может проверить, что это как раз и была знаменитая комета Галлея) разгорелась дискуссия между католической церковью и мусульманами. Менее яркие кометы имеют меньшие хвосты, а многие кометы можно видеть лишь в телескоп, и их поэтому называют телескопическими. Но, с другой стороны, и большие яркие кометы телескопичны, когда они находятся вдалеке от Солнца. Дело в том, что хвост у кометы появляется, лишь когда она приближается к Солнцу, и именно тогда жители Земли могут наблюдать ее во всем великолепии.

Почему хвост образуется при приближении кометы к Солнцу? Прежде чем ответить на этот вопрос, мы должны еще немного поговорить о морфологии — структуре комет.

Кроме хвоста, в теле кометы различают еще две основные структуры. Это кома, яркая туманная атмосфера, окружающая ядро кометы. Кома с ядром составляют голову кометы. Поскольку «голова» и «хвост» термины скорее биологические, нежели астрономические, можно сказать, продолжая биологические аналогии, что комета довольно странное животное, тело которого состоит лишь из двух частей — головы и хвоста. Итак, в центре головы кометы — ядро.

И размеры его и масса весьма и весьма неопределенны даже на сегодняшний день. Различные оценки дают, например, для ядра кометы Га́ллея: значение поперечника от 5 километров до 2 километров. Ядра других комет еще меньше — около 400 метров в поперечнике.

Массы комет, естественно, различны и заключены в вероятных пределах от нескольких тонн до сотен или

даже тысяч миллиардов тонн. Причем для каждой конкретной кометы масса ядра определяется с очень большой ошибкой. Иногда ядра комет делятся, что произошло, в частности, с ядром кометы Виртанена в 1957 году. Два новорожденных ядра удалялись друг от друга со скоростью 1,6 метра в секунду. Используя эту цифру, ученые оценили массу ядра кометы Виртанена в сто миллиардов тонн. Цифра немалая.

А из чего состоит такое ядро? Здесь мнения также расходятся очень сильно.

Еще во времена Лапласа полагали, что ядро кометы — это огромный кусок льда, часть которого испаряется и переходит в газовую фазу под воздействием солнечного излучения. Но, по ряду соображений, чисто ледяная или снежная модель оказалась неудовлетворительной.

Сейчас предпочтительнее модель, описывающая ядро кометы как некую смесь тугоплавкой составляющей и холодного летучего компонента. Тугоплавкая часть ядра — это обломки горных пород. В эти обломки входят, естественно, и металлы. А замороженный летучий компонент состоит из льдов воды, аммиака, углекислоты, метана и других газов. Ледяные слои перемешаны со слоями пыли и обломков.

Быть может, это не чистые льды, а смесь гидратов газов, — это сейчас не очень важно. Важно, что подобная модель хорошо объясняет многие факты, наблюдаемые астрономами по мере приближения кометы к Солнцу. Так, в спектрах ядра кометы 1882 года были обнаружены линии натрия, железа и никеля. По мере удаления от Солнца они исчезли. Ясно, что, если бы ядро состояло из чистого льда, оно не могло бы быть источником атомов металлов.

Если большая комета подходит к Солнцу, в голове ее, на освещенной стороне, происходят удивительные вещи. Там появляются фонтаны светящейся материи, которые извергаются из ядра. Они сначала направляются к Солнцу, а потом, поворачивая в стороны, меняют свое направление, текут назад и, огибая голову кометы, уходят все дальше от Солнца. Именно эти газы и образуют хвост кометы. Чем ближе комета к Солнцу, тем более солидный и яркий у нее хвост.

Иногда в ядре происходит взрывное выделение вещества. И как раз модель «грязных льдов» с успехом может объяснить этот феномен. Заметим еще, что взры-

вы в ядрах происходят, как правило, у старых комет, то есть у тех, которые много раз наносили визиты к Солнцу. Старая комета имеет очень загрязненную поверхность ядра. Ядро покрыто защитной коркой, напоминающей ледниковую морену. И этот экран хорошо защищает от Солнца находящийся под ним лед. Но экран не очень прочен, и взрывы в ядрах легко объяснить механическими нарушениями в таком защитном экране.

Выдающийся русский астроном Ф. Бредихин первый дал стройную теорию кометных хвостов и объяснил, почему в одних случаях хвосты у комет кривые, а в других прямые. Он использовал в своих расчетах соотношение между притяжением Солнца и отталкивающей силой, возникающей как следствие светового давления.

Мы не будем здесь вдаваться в тонкости механизма образования хвостов, но отметим лишь, что вещество для образования хвоста выделяется из ядра кометы, а потери вещества ядра, идущие на образование хвоста, ничтожны. Так, например, комета Галлея, наблюдавшаяся еще до нашей эры, при каждом новом подходе к Солнцу каждый раз образует новый хвост.

Из чего же он состоит? Понятно, что из вещества ядра. Но вещества, преобразованного и разрушенного солнечным излучением. К настоящему времени в результате спектральных наблюдений голов и хвостов комет в них обнаружены такие атомы и молекулы: углерод в форме C и C_2, CN , HCN, CO, CS, CH_3CN, H_2O, H, NH, NH_2, O, OH, Si. Обнаружены и атомы металлов: Na, Ca, Cr, Co, Mn, Fe, Ni. Ионы CO^+, CO_2^+, CH^+, C^+, N_2^+, OH^+, H_2O^+. Обнаружены также и частички силикатной пыли.

Итак, в кометах есть все необходимые исходные атомы для образования органических соединений. Этот факт привел известного химика Х. Оро́ к мысли о том, что кометы, выпадающие на Землю, сыграли значительную роль в транспорте органических соединений на нашу планету. Действительно, есть оценки, согласно которым столкновение Земли с кометой может происходить один раз за 80 миллионов лет. Следовательно, за время жизни на Земле, ну, будем для простоты брать лишь первый миллиард, на Землю могло упасть 12—13 комет массой 10^{11}—10^{12} тонн каждая, а это уже солидная величина.

Очень интересную идею высказал ленинградский ученый Е. Каймаков, и не только высказал, но и подкрепил

некоторыми экспериментальными данными. Он занимается моделированием комет. Во время этой работы он добавил в лед аминокислоты, а затем стал испарять лед так, как он испаряется, когда комета подходит к Солнцу. Естественно, лед был подвергнут воздействию ультрафиолетового излучения.

Каймакову удалось получить более крупные молекулы, чем те, которые содержались в исходном растворе. Это были довольно сложные полимерные структуры, которые Каймаков назвал «субликонами» — сокращенно от слов «сублимационная конструкция». Эти полимеры были как бы намотаны на столбики льда.

Опыты Каймакова, несомненно, представляют собой немалый интерес, но требуют, с другой стороны, дальнейшего развития и проверки. Во всяком случае, нельзя исключить того, что кометы являются мощными резервуарами органических соединений. Но как далеко продвинулась эволюция органических соединений в кометах, сказать трудно.

Нужно еще иметь в виду и следующее. При возможном столкновении кометы с Землей происходит катаклизм типа взрыва, наблюдавшегося при падении Тунгусского метеорита. Кстати, сейчас многие ученые полагают, что это был вовсе не метеорит, а комета. Но при подобном взрыве вещество ядра полностью испарилось бы. Все сложные органические структуры в ядре должны в принципе разрушиться. Но идея интересна, и поэтому я о ней рассказал.

Многие исследователи считают кометы одними из самых древних реликтовых тел Солнечной системы, и именно поэтому изучение комет имеет столь большое значение. И уж, конечно, чрезвычайно важен вопрос о рождении и смерти комет, а значит, и об их возрасте и «жизненных путях».

Начнем с последнего вопроса. Орбиты периодических комет связаны с планетами-гигантами Юпитером, Сатурном, Ураном и Нептуном. Кстати, к семейству Нептуна относится и знаменитая комета Галлея. Короткопериодических комет семейства Юпитера известно сейчас 87. Их периоды обращения вокруг Солнца изменяются от 33 до 15 лет. Семейства комет других планет-гигантов гораздо беднее. Например, у Сатурна всего 12 комет.

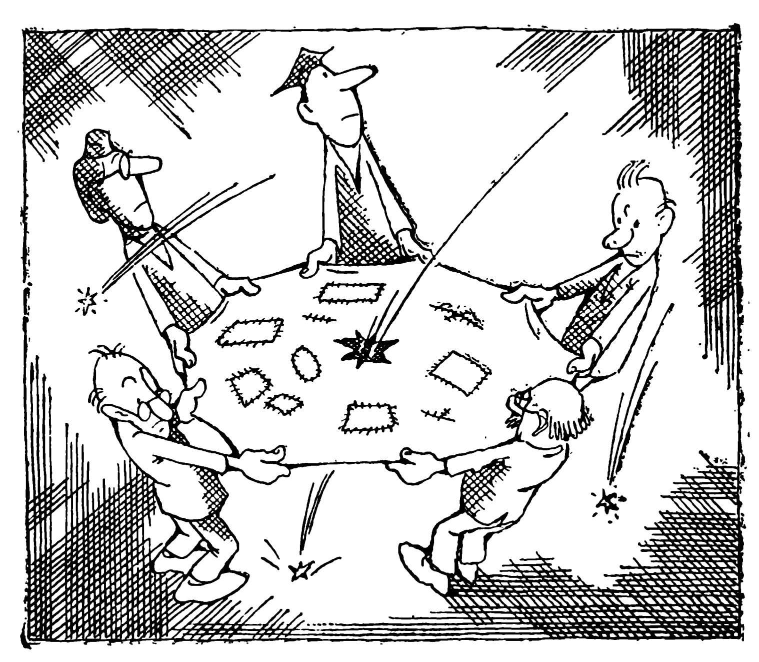
Когда комета летит по своей периодической орбите, ее все время сбивает с «правильного пути» гравитационное воздействие планет Солнечной системы, и в первую

очередь, разумеется, планет-гигантов. Именно из-за этого путь кометы «извилист», и методами небесной механики практически невозможно предсказать ее точную траекторию. Иногда при тесных сближениях кометы и планеты орбита меняется до неузнаваемости. Может случиться и так, что комета вообще выбрасывается Юпитером из Солнечной системы. Но если так, то можно ведь предположить, что некоторые кометы приходят к нам из других планетных систем...

А как же все-таки они рождаются? Сейчас существуют как минимум три точки зрения на происхождение комет.

Есть сторонники межзвездной гипотезы рождения. Согласно этой точке зрения, когда Солнце в своем движении по Галактике проходило через газопылевое облако, оно захватило какую-то его часть. Именно из этой части облака и сконденсировались кометы.

Эта гипотеза встречает некоторые возражения, которые связаны с особенностями движения комет в Солнечной системе. Советский астроном В. Всехсвятский в течение многих лет с энтузиазмом защищает точку зрения, согласно которой кометы являются продуктами гигант-



ских извержений на Юпитере и его спутниках. Но для того, чтобы комета покинула Юпитер, энергия выброса должна быть чрезмерно велика, и, что самое главное, сейчас не видно физических механизмов, обеспечивающих «извержения» на Юпитере, он ведь не имеет выраженной твердой поверхности.

В 50-е годы XX века известный голландский астроном Я. Оорт предположил, что кометы образовались в результате взрыва Фаэтона — планеты, расположенной между орбитами Марса и Юпитера. Гигантский взрыв планеты массой в девяносто масс Земли «вымел» много ледяных осколков ядер комет за пределы Солнечной системы. Так, на огромном расстоянии от Солнца (150 тысяч астрономических единиц) возникло облако комет — облако Оорта, питающее Солнечную систему небесными гостьями. Часть вещества осталась на орбите Фаэтона и образовала пояс астероидов.

Если и идут дискуссии по поводу происхождения облака Оорта и отнюдь не все разделяют гипотезу взрыва Фаэтона, то в самом существовании облака мало кто сомневается. Более того, предполагается, что есть еще один резервуар комет, который находится за орбитой Нептуна, — пояс Уиппла.

И облако Оорта, и пояс Уиппла за Нептуном могли образоваться не только в результате взрывных процессов. Вполне возможно, что они продукт естественных и непрерывных процессов, сходных с процессами конденсации планет, о которых мы уже говорили. Поэтому кометы и считают древнейшими телами в Солнечной системе.

Но сколько времени живут кометы? Долгопериодические могут быть свидетелями рождения Солнечной системы, а короткопериодические, постепенно истощая свои ядра, гибнут. Так, предполагается, что комета Энке к 2000 году вообще перестанет существовать как комета, — ядро ее практически полностью потеряет ледяной летучий компонент. А что же останется после нее? Просто камни. Поэтому именно и полагают, что некоторые астероиды — остатки ядер комет.

Метеориты

Кроме комет, есть еще один класс тел в Солнечной системе, который также имеет возраст, сравнимый с возрастом планет, — метеориты. Редко какой-нибудь

научно-фантастический роман, посвященный космосу, обходится без душераздирающей сцены столкновения корабля с роем метеоров. Тут и защитные экраны не срабатывают, разгерметизируются отсеки, и мужественные космонавты латают броню корабля в открытом космосе. В общем, по мнению многих писателей-фантастов, космос просто набит камнями.

При подготовке полета «Пионеров» к дальним планетам высказывались опасения о возможном повреждении аппаратов при прохождении через пояс астероидов. Ведь пояс астероидов — это район Солнечной системы, наиболее насыщенный малыми телами. Но действительность оказалась в какой-то мере даже разочаровывающей. Как уже говорилось, космические станции совершенно спокойно прошли этот таинственный район.

И тем не менее в пределах нашей Солнечной системы — масса сравнительно мелких, конечно, если сопоставлять их с планетами, тел. Те из них, которые попадают на Землю, называются метеоритами. Кто из нас в темные летние ночи не видел на небе падающих звезд. Две с лишним тысячи лет тому назад Аристотель назвал «метеорами» все, что находится высоко над Землей. Там, считал он, сфера огня. Несколько позже люди стали думать, что падающие звезды — некоторая разновидность молний.

И лишь в конце XVIII века два молодых немецких студента решили выяснить, на какой же высоте происходит это явление. Они решили проводить наблюдения из двух достаточно удаленных друг от друга мест. Тщательная проверка их часов гарантировала одновременность наблюдения одного и того же объекта. Поскольку видимые траектории падающей звезды были различны для разных мест наблюдения, студенты, зная расстояние между пунктами, сумели определить высоту горящей звездочки над поверхностью Земли.

Читатель сам может нарисовать незамысловатую тригонометрическую схему, которая наглядно проиллюстрирует возможности такого определения. В астрономии эта идея получила название параллактического смещения.

Сначала студенты думали, что все световые явления, за изучение которых они взялись, происходят на высотах в несколько сотен или тысяч метров. Но очень скоро они поняли, что на самом деле речь идет о десятках, а иногда и сотнях километров. Стало ясно, что явление метеора определяется частицами, имеющими весьма значитель-

ные скорости — десятки километров в секунду. Входя с такими скоростями в атмосферу Земли, эти частички тормозятся в ней и, нагреваясь за счет трения, в конце концов сгорают. Весь этот процесс занимает секунды.

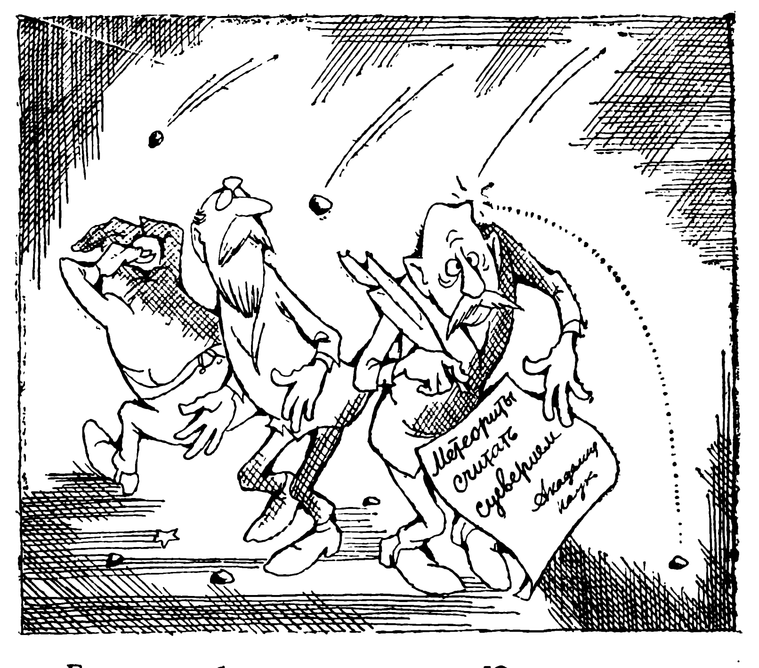
Откуда берутся метеоры? В прошлом веке полагали, что это продукты извержения лунных вулканов. Кстати, некоторые ученые и сейчас разделяют эту точку зрения в отношении тектитов — загадочных стекловидных тел, найденных впервые в Австралии. Что же касается метеоров, то после звездного дождя, разразившегося над Америкой в ноябре 1833 года, стало ясно, что метеориты приходят к нам из отдаленных районов Солнечной системы.

За дело взялись специалисты по небесной механике, которые очень скоро показали, что рой метеоров движется по околосолнечной орбите, иногда, примерно раз в 33 года, пересекаясь с орбитой Земли. Нередко метеорные рои образуются в результате распада комет, как это произошло с кометой Биелы. Возмущения со стороны больших планет сильно искажают орбиты метеорных потоков, и знаменитая огненная буря на небе 1833 года, вызванная метеорным роем Леониды, по-видимому, никогда не повторится.

Чем интересны метеоры и метеориты? В первую очередь тем, что в прямом смысле слова дают нам возможность проводить космические исследования, не покидая Земли, не запуская космических аппаратов. Мы можем изучать их в лаборатории всеми доступными современной науке средствами. И нужно сказать, что основные результаты, связанные с составом и строением вещества Земли, были получены с помощью изучения метеоритного материала.

А ведь меньше 200 лет назад «бессмертные» на своем заседании Французской академии приняли решение, согласно которому все известия о камнях, падающих с неба, должны рассматриваться как суеверия. Это было в 1790 году, когда муниципалитет города Жульяка прислал в академию протокол, в котором утверждалось, что 24 июля в 9 часов в городе наблюдали падение камня с неба. «Что за ерунда», — решили почтенные академики. Ведь еще 12 лет назад великий химик Лавуазье утверждал, что «падение камней с неба физически невозможно».

Правда, были случаи, когда утверждалось и обрат-



ное. Епископ небольшого городка в Югославии составил документ, в котором описано падение с неба двух кусков железа 26 мая 1751 года. Это первое запротоколированное сообщение о подобном событии, сделанное служителями церкви.

Падения метеоритов замечали, конечно, и раньше. Они описаны Плинием Старшим, отмечаются в китайских летописях. В одном из древнейших литературных памятников — шумерском эпосе «О все видавшем», созданном около 3500 лет тому назад, мы находим такую фразу: «Как из камня с небес крепки его руки». Киргизы, к примеру, считали, что небесные камни — орудие богов, с помощью которого они карают джиннов, пытающихся проникнуть на небо.

В древности у различных народов была распространена фетишизация камней. Хорошо известно, что до сих пор мусульмане поклоняются черному камню в Каабе — святилище Мекки, метеориту Хаджар-эль-Асвад.

Дело нередко принимало курьезные обороты, когда, например, один из метеоритов, упавший около 1500 года до нашей эры в Галатии, перевезли в Рим и объявили

символом «великой матери богов» Реи. Специально для него в 191 году до нашей эры на Палатинском холме был сооружен храм.

А другой метеорит перевезли в Рим в 218 году нашей эры из Фракии, и верховный жрец устроил бракосочетание этого метеорита с другим камнем, тоже фетишем, — идолом сирийско-финикийской богини Астарты...

Но посмотрим, как стали относиться к метеоритам через тысячу с лишним лет после этого, по-видимому, единственного в своем роде «законного брака». Русские ученые еще в середине XVIII века указывали на возможность падения камней с неба. А Французская академия лишь в 1803 году, после получения обстоятельного доклада физика Ж. Био, признала такую возможность.

Падение метеорита на Землю — феерическое зрелище, особенно падение достаточно крупного тела или метеоритного дождя. Еще в летописях XIII века мы читаем о каменном дожде близ Великого Устюга: «...грому бо многу и страшну бывши зело над градом Устюгом, яко же не слышати, что друг с другом глаголети; яко небо и земля... непрестанно колебанием поломило лес...» В 1662 году каменный дождь выпал неподалеку от Кирилло-Белозерского монастыря. Очевидец писал: «Звезда велика, долга скоро вышла... Земля тряслась и хоромы тряслись, и многие люди от ужасти на землю падали. А скотина всякая в кучу металась и глава на небо подняли и брычат, коя как умеет. И потом камение падало с великого яростию, великое и малое». Звезда «долга» наблюдалась на небе.

Раскаляясь при входе в атмосферу, метеориты действительно оставляют «долгий», длинный след на небе. Этот феномен может длиться около пяти секунд, как это наблюдалось в случае падения метеорита Старое Борискино. При этом в воздухе раздавались удары наподобие артиллерийской канонады...

Сейчас во всем мире ведется строгий учет всех случаев падения на Землю метеоритов. Во многих странах, в том числе и в Советском Союзе и в США, есть коллекции небесных камней. Иногда в этих коллекциях встречаются настоящие гиганты. Так «Палласово железо» представляло собой железокаменную глыбу весом в 700 килограммов.

Почему представляло? Куски этого метеорита были разосланы в различные научные лаборатории Советского Союза и других стран мира для исследования, сейчас

остался кусок весом в 513 килограммов. Этот метеорит из камня и железа был найден в Сибири петербургским академиком П. Палласом.

Встречаются и чисто каменные метеориты. Есть осколок такого камня, упавшего под Саратовом, весом в 130 килограммов.

Огромный метеорит обнаружен в Южной Африке. Вес его 60 тонн, и поэтому он и поныне лежит на месте своего падения.

Многие метеориты разрушаются при входе в атмосферу, и на Землю падают куски одного и того же родительского тела. Так, например, Сихотэ-Алинский метеорит при вхождении в атмосферу рассыпался на много тысяч отдельных кусков.

Есть оценки, согласно которым на Землю ежегодно попадает, вернее падает, около двух тысяч метеоритов. Но подавляющее большинство их, как говорится, «лежит и молчит», и лишь немногие из их числа удается обнаружить.

В последнее время интенсивные поиски метеоритов и космической пыли, также выпадающей на Землю, ведутся в Антарктиде, так как «стерильные» условия этого материка препятствуют, что очень важно, загрязнению небесных гостей. А быть может, на снегу искать легче.

Вообще говоря, на карте распределения найденных метеоритов можно обнаружить забавную особенность, которую подметил профессор Б. Воронцов-Вельяминов: метеориты стремятся падать возле культурных центров и вдоль железных дорог. Здесь дело, конечно, в том, что в обжитых и достаточно культурно развитых областях земного шара их чаще находят. В нашей стране за находку метеорита выдается премия, и он является собственностью государства. Понятно, что легче всего обнаружить именно железные метеориты, поскольку каменные иногда бывает очень трудно отличить от обычных земных пород.

Если поверхность железного метеорита отполировать, а лучше отшлифовать, и затем протравить кислотой, то мы увидим на шлифе так называемые видманштеттеновы фигуры, напоминающие морозные узоры на оконном стекле. Это свидетели конденсации железа в протопланетной туманности, свидетели рождения метеорита. Поскольку эти процессы длились тысячелетия, их нельзя воспроизвести в земной лаборатории, и вид-

манштеттеновы фигуры являются строгим и абсолютным доказательством того, что найденный кусок железа — метеорит, а не самородное или выплавленное из руды железо.

Есть, кстати говоря, и еще одно свойство, характерное для метеоритного железа. В 1009 году железный метеорит упал во владениях хоросанского султана. Султан приказал выковать саблю из этого куска. Но оружейники не сумели этого сделать, так как метеоритное железо при горячей ковке ломается — оно хрупко. Однако властителю княжества Лахор в Индии изготовили две сабли, кинжал и наконечник пики из метеоритного железа.

Исследование состава метеоритов началось более ста лет назад, а к сегодняшнему дню результатам исследования метеоритов посвящены десятки тысяч страниц научной литературы. Очень скоро удалось выяснить, что многие метеориты имеют весьма и весьма солидный возраст — миллиарды лет. А это значит, что они являются свидетелями процессов, происходивших в протопланетной туманности, о которых современная наука знает меньше всего.

Были разработаны методы, позволяющие с достаточной точностью определять возраст метеоритов, другими словами, датировать момент их образования. И оказалось, что наиболее древние камни имеют возраст до 4,6 миллиарда лет, то есть они старше, чем Земля. И естественно, перед учеными встал вопрос: а из чего состоит Земля, каков был исходный материал, из которого образовалась наша планета? Был ли этот материал похож на метеориты или же в корне отличался от их состава?

Вопросов немало, и пока химический и минералогический состав метеоритов не был установлен с высокой степенью надежности, все они (вопросы) повисали в воздухе. Поэтому, прежде чем обсуждать исходный материал Земли, надо поговорить о том, что сегодня известно о метеоритах и на какие классы они делятся.

По составу метеориты принято подразделять на железные, железокаменные и каменные. Каменные метеориты (и только они) иногда содержат очень мелкие, не более одного миллиметра в диаметре, образования — хондры. В этом случае метеорит получает название хондрита в отличие от других каменных метеоритов — ахондритов. Небольшая группа метеоритов называется

углистыми метеоритами; среди них есть знаменитые углистые хондриты.

В коллекциях земного шара содержится всего около 20 углистых метеоритов, но именно они привлекают наиболее пристальное внимание исследователей. Это связано, во-первых, с тем, что именно углистые хондриты представляют собой вещество, из которого могла бы образоваться как минимум часть нашей Земли, а во-вторых, углистые хондриты содержат необычно много органических соединений.

На этом моменте я хотел бы остановиться несколько подробнее. Еще знаменитый химик И. Берцелиус в 1834 году провел химический анализ углистого хондрита и, обнаружив в нем органические соединения, предположил, что они являются остатками внеземной жизни. С тех пор прошло около 150 лет, но гипотеза Берцелиуса и поныне обсуждается на страницах научных изданий.

Органическое вещество в углистых хондритах присутствует, и его немало — иногда проценты от веса метеорита. Найдены насыщенные углеводороды: нафталин, фенантрен, антрацен, жирные кислоты, аминокислоты,



основания нуклеиновых кислот и другая органика. Список, как мы видим, внушительный. Но каково происхождение всех этих молекул?

Некоторые ученые утверждали вслед за Берцелиусом, что это остатки внеземной жизни. Другие категорически стояли на том, что все органические молекулы в углистых хондритах образовались небиогенным путем в результате термохимических реакций в протопланетной туманности. Дискуссия несколько поутихла к сегодняшнему дню, так как большинство специалистов стоит на точке зрения абиогенного происхождения метеоритной органики. Но есть и энтузиасты внеземной жизни, и сейчас отстаивающие противоположную точку зрения. Микробиологи считают одним из серьезных аргументов в пользу биологического происхождения органических соединений в метеоритах присутствие в них так называемых «организованных элементов» — микроскопических образований, чем-то напоминающих микробные клетки.

Хотя, как я говорил, большинство ученых думают, что и органика, и «организованные элементы» не являются вещами, связанными с проявлением внеземной жизни, было бы несправедливо не ознакомить читателя и с альтернативной точкой зрения. Сторонники внеземной жизни полагают, что метеориты, в частности углистые хондриты, — остатки распавшихся крупных родительских тел, быть может, той же планеты Фаэтон, на которой так же, как и на Земле, когда-то зародилась жизнь. Организованные элементы — остатки инопланетной микрофлоры.

Сторонники небиологической природы «организованных элементов» утверждают, что они как две капли воды похожи на пыльцу амброзии, которая попала на метеорит, пока он лежал на Земле. Для проверки этого предположения были сделаны микрофотографии пыльцы и «организованных структур» и проведено их сравнение. Сравнили также эти структуры с известными формами земных микроорганизмов, и микробиологи вынесли заключение, что они не имеют с земной микрофлорой ничего общего. Сходство чисто внешнее. Поэтому сторонники «биологической» гипотезы твердо стоят на позициях внеземной жизни.

Я думаю, что твердых доказательств тому нет. Мы еще просто мало знаем об условиях образования метеоритов, о том, какие реакции в твердой фазе могли

проходить, какие структуры образовывались в результате этих реакций. Доводы микробиологов и микропалеонтологов во многом основываются на интуиции — это прямо заявляет, например, известный геолог М. Руттен, но он сам говорит о том, что «интуиция не может быть выражена в формулах, и поэтому... трудно убедить представителей так называемых точных наук».

Мне кажется, что нет ничего удивительного в том, что углистые хондриты и кометы содержат и органику, и «организованные структуры». В космосе есть источники углерода, азота, вода, да что там говорить — есть все элементы. Так почему же, когда есть набор элементов, источники энергии, место и время, причем очень много времени, почему не могут образоваться органические молекулы? Могут, и мы видим их и в метеоритах, видим их остатки в кометах, видим в межзвездных облаках.

Другой вопрос: могли ли они, эти молекулы, послужить основой для возникновения жизни на Земле? Или, быть может, жизнь есть и в газопылевых облаках? Это очень маловероятно.

Много писалось о том, что лишь на планетах может быть жизнь. Но на каких? Похожих на нашу Землю или отличающихся от нее? Около каких звезд могут быть планеты с биосферой? Около каких звезд может возникнуть цивилизация?

Глава VI

В НАШЕЙ ГАЛАКТИКЕ

Все предыдущие главы книги были посвящены Солнечной системе. Но каково место Солнца и окружающих его планет в нашей Галактике — огромном звездном скоплении, насчитывающем сотню миллиардов звезд? Ведь один из наиболее интригующих вопросов состоит в том, одиноко ли человечество во Вселенной, или же есть шанс рано или поздно встретиться с братьями по разуму? Где, около каких звезд можно искать себе подобных?

Как далеко от Солнца могут находиться иные обитаемые миры?

Точных ответов ни на один из поставленных вопросов нет. Но для того чтобы попытаться хотя бы обсудить эти вопросы с научных позиций, нам надо поговорить о «содержимом» нашей Галактики и о том, как это «содержимое» возникло, об эволюционных процессах во Вселенной.

Итак, сначала галактик не было вообще, не было и звезд. Примерно за пятнадцать миллиардов лет до нынешнего времени Вселенная взорвалась и начала расширяться. До этого она находилась в сверхплотном состоянии, и мы сегодня не знаем, применимы ли законы физики для описания этого состояния. Но уже через одну десятитысячную долю секунды после взрыва плотность вещества уменьшилась до плотности атомных ядер, то есть до 10^{14} граммов в кубическом сантиметре.

В это время температура вещества составляла тысячу миллиардов градусов. В мире были тогда лишь элементарные частицы да кванты света. Очень интересно, что основная часть массы Вселенной на ранних этапах ее расширения приходилась на излучение, на свет.

По мере расширения Вселенная охлаждалась. Но даже когда «столбик термометра» опустился до десяти миллиардов градусов, атомы еще не могли образоваться: все вещество находилось в форме высокотемпературной плазмы. Лишь примерно по истечении трех минут после Большого взрыва мы могли бы увидеть,

что вещество Вселенной превратилось в атомы водорода и гелия, причем водорода было 70 процентов, а гелия — 30.

После этого на некоторое время Вселенная «успокоилась», примерно на миллионы лет, пока температура не упала до 4 тысяч градусов Кельвина. Эти миллионы лет жизни Вселенной получили название эры фотонной плазмы. С концом этой эры гелий и водород становятся нейтральными, плазма исчезает.

Вселенная еще достаточно горяча и однородна. Тем не менее в ней появляются отдельные сгущения вещества. Мы не будем останавливаться на причинах появления возмущений в однородной Вселенной, тем более что сейчас нет единой точки зрения по этому поводу. Споры о происхождении галактик не утихают и сегодня. Но важно то, что именно спустя миллионы лет после Большого взрыва началось «структурирование» Вселенной — образование галактик и звезд.

Наше Солнце родилось лишь 5 миллиардов лет назад, и уже не более чем через полтора миллиарда лет после рождения Солнца на одной из планет Солнечной системы, на Земле, возникла жизнь.

Но ведь звезды, подобные Солнцу, начали рождаться в различных уголках нашей Галактики и раньше, чем наше светило. Означает ли это, что в Галактике есть более старые цивилизации, чем земная, более мудрые? Если мы даем положительный ответ на этот вопрос, то почему же мы не можем установить с ними контакт, почему космос молчит? А только ли около звезд, подобных Солнцу, может развиться и существовать жизнь?

Быть может, из сотни миллиардов звезд нашей Галактики можно выбрать более подходящие для жизни места, чем Солнечная система? Ведь все живое на Земле существует благодаря солнечному свету, а есть много звезд, которые светят гораздо ярче Солнца. Попробуем в этом разобраться.

Когда мы говорили о рождении Солнца, мы сказали, что, став стабильной звездой, Солнце вступило на главную последовательность — дорогу жизни звезд. Для наших целей очень важно знать, сколько времени та или иная звезда находится в стабильном состоянии. Ну, действительно, что толку, если, скажем, около голубого гиганта есть планеты (хотя это и мало вероятно), на которых успела зародиться жизнь. Она обре-

чена на гибель уже через миллион лет, поскольку яркие звезды живут очень мало (в галактическом масштабе времени). И для этого нужно, чтобы звезда была в 30 раз тяжелее Солнца.

Но самое главное: очень и очень сомнительно, что за миллион лет может образоваться планетная система. Мы помним, что по современным оценкам для этого необходимо около сотни миллионов лет, а ведь и эти цифры ничтожны по сравнению с биологической шкалой времени, требующей, по крайней мере, миллиарда лет от чисто химической, молекулярной эволюции до возникновения первых клеток.

Итак, сверхмассивные звезды не годятся в качестве центрального светила, около которого могла бы развиваться какая-либо цивилизация. И не только цивилизация. Близ горячего гиганта не может зародиться жизнь, не успеет.

Ну а что будет, если звезда не столь тяжела, как сверхгигант? Посмотрим на жизнь звезды с массой около трех масс Солнца. Такая звезда в 60 раз ярче Солнца, и время ее жизни порядка 600 миллионов лет. Казалось бы, если около этой звезды есть планеты, там в принципе могла бы возникнуть жизнь. Хватило бы этой жизни времени, чтобы достигнуть стадии цивилизации? Кто знает! Нам дано судить о темпах эволюции лишь на основании одного примера — нашей земной жизни. Но представим себе на минуту, что около такой звезды возникла цивилизация. Какова будет ее судьба?

Ведь наша собственная жизнь теснейшим образом связана с жизнью Солнца, и жизнь любой другой цивилизации определена судьбой центрального светила.

Итак, звезда втрое тяжелее Солнца. В ней идут уже знакомые нам ядерные реакции превращения водорода в гелий. Поскольку звезда массивнее Солнца, то и ядерные реакции должны идти интенсивнее, чтобы обеспечить достаточно высокие температуры, препятствующие сжатию звезды. Водород ядра выгорает, превращаясь в гелий, и температура ядра повышается примерно до 200 миллионов градусов.

При таких температурах в ядерной топке начинает гореть гелий, образуя ядра кислорода и неона. Температура продолжает повышаться, и, когда она достигает 600 миллионов градусов, начинаются ядерные реакции с участием неона. Эти реакции приводят к появлению

магния и кремния. А когда в ядре звезды израсходуется весь неон, на сцене появляется кислород. К этому времени температура ядра еще больше повысилась и в процессе ядерных реакций начинают образовываться никель и железо.

Столбик термометра в ядре ползет к полутора миллиардам градусов. Там все время вырабатывается энергия, противодействующая сжатию и повышающая температуру ядра. При достижении температуры в 2—5 миллиардов градусов образуется множество тяжелых элементов, и в их числе титан, ванадий, хром. Но главная составляющая ядра — железо.

Очень важно, что ядерные реакции приводят к образованию значительных количеств нейтрино. Именно эти частицы, свободно пронизывая тело звезды, уносят из ядра огромное количество энергии. Как только включается «нейтринный холодильник», энергетические потери звезды становятся столь большими, что основную роль начинают играть силы гравитации. Ядро звезды резко сжимается, а оставшаяся оболочка начинает падать на центр звезды.

Все эти процессы сопровождаются резким повышением температуры. Речь идет уже о десятках и сотнях миллиардов градусов. При этих условиях легкие элементы, оставшиеся в оболочке звезды, обладают взрывной неустойчивостью. Происходит чудовищный ядерный взрыв, масштабы которого потрясают воображение: за время менее одной секунды при взрыве звезды выделится энергия, которую Солнце излучало в течение миллиарда лет!

Наше Солнце излучает ежесекундно $3{,}8 \cdot 10^{33}$ эрг, и, значит, при взрыве сверхновой, а именно так называется наша взрывающаяся звезда, выделяется энергия порядка 10^{50} эрг. Если бы и существовали планеты около такой звезды, что, вообще говоря, маловероятно, они были бы просто уничтожены чудовищным взрывом.

Наружные слои звезды, составляющие значительную долю ее массы, улетают в пространство с огромной скоростью — тысячи километров в секунду. Они образуют туманность, простирающуюся на многие миллиарды километров.

Если бы взрыв сверхновой произошел на расстоянии нескольких световых лет от Земли, человечество скорее всего не уцелело бы из-за мощных потоков гамма-излу-

чения. Именно поэтому около массивных звезд никогда не сможет возникнуть цивилизация. К счастью, таких звезд в нашей Галактике немного.

После катастрофического взрыва на месте сверхновой остается нейтронная звезда, которая, по словам американского астронома И. Левитта, «устрашает и поражает воображение». И хотя абсолютно ясно, что ни о какой жизни близ нейтронных звезд не может быть и речи, нельзя не сказать нескольких слов об этих удивительных объектах космоса.

Действительно, рожденная чудовищным взрывом, нейтронная звезда поистине фантастическое зрелище. В момент образования температура ее поверхности достигает нескольких миллиардов градусов, а диаметр... всего десять километров. Светимость такой звезды огромна — 10^{45} эрг в секунду. Для сравнения скажем, что вся наша Галактика излучает лишь 10^{44} эрг в секунду. Максимум излучения приходится на область жестких рентгеновских лучей.

Правда, нейтронная звезда очень быстро остывает: в течение месяца ее температура понижается до десятков миллионов градусов.

Силы притяжения на поверхности этого космического монстра чудовищны. Если бы человек смог оказаться на нейтронной звезде, его расплющило бы на поверхности до толщины следа, оставляемого почтовым штемпелем.

На расстоянии около метра под поверхностью один кубический сантиметр вещества весит около ста тонн. Человек весил бы на нейтронной звезде более миллиона тонн.

Очень интересно внутреннее строение нейтронной звезды, хотя нужно сказать, что построение моделей несет отпечаток произвола, поскольку неизвестно точное уравнение состояния вещества при столь больших плотностях.

В отличие от обычных звезд — газовых шаров — нейтронная звезда подобна слоеному пирогу. Она имеет твердую кору, проявляющую свойства металла. Кора построена из крошечных кристалликов размером в одну десятимиллиардную долю сантиметра. Кристаллы эти состоят из ядер атомов тяжелых элементов. Плотность коры в 460 миллиардов раз больше плотности железа.

Следующий слой в тысячу раз плотнее, а под ним

еще более плотное (хотя, казалось, куда уж плотнее) вещество.

Но как ни странно — это уже жидкость, причем жидкость, состоящая из нейтронов с небольшой примесью протонов и электронов. Вдобавок ко всему эта жидкость — сверхпроводник. Да, сверхпроводник при сверхвысоких температурах.

Далее — ядро. Ядро, в котором непрерывно рождаются электронные частицы, главным образом гипероны и мю-мезоны. Но поведение элементарных частиц в условиях ядер нейтронных звезд теоретики представляют себе недостаточно надежно. Возможно, что в ядрах нейтронных звезд есть частицы, неизвестные сегодня нашей земной физике.

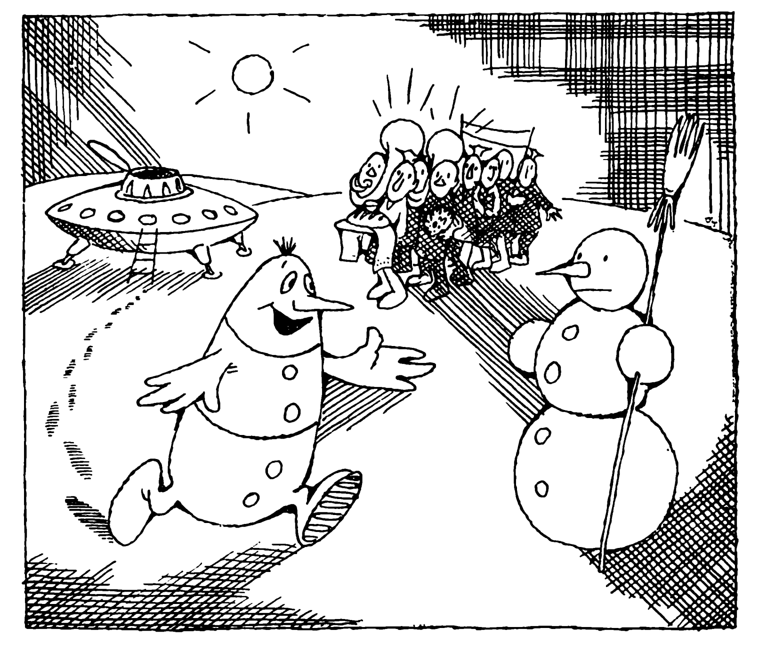
Очень интересно, что высказывались идеи о существовании кристаллических форм жизни на поверхности нейтронных монстров.

Мы, естественно, не будем останавливаться сейчас на анализе этих экзотических явлений. Вряд ли несколько десятков тысяч нейтронных звезд, находящихся в нашей Галактике, дадут что-либо для проблемы иных цивилизаций, с которыми мы могли бы когда-либо установить контакт.

А вот еще один объект космоса, предсказанный теоретически, имеет к проблеме внеземных цивилизаций более прямое отношение. Речь пойдет о знаменитых черных дырах. До сих пор ни одной черной дыры не удалось обнаружить в нашей Галактике. И немудрено. Ведь это невидимый объект, из недр которого не может выйти ни излучение в какой-либо форме, ни частицы. Лишь по наличию рентгеновских квантов, возникающих при падении горячего газа на черную дыру, можно было бы обнаружить ее существование.

Сегодня многие астрофизики считают, что голубой сверхгигант НДЕ 226868 — компонент двойной звездной системы, имеет своим соседом черную дыру. Это заключение основывается на том, что рядом с наблюдаемой звездой находится известный рентгеновский источник Лебедь Х-1, и ряд особенностей этой системы можно объяснить, лишь введя предположение о том, что в паре с НДЕ 226868 находится черная дыра с массой около 14 солнечных масс.

Напомним коротко, что же такое черные дыры и почему они имеют отношение к проблеме множественности обитаемых миров.



Если звезда достаточно массивна и к тому же она исчерпала запасы ядерного горючего, наступает катастрофа. Уже ничто не может препятствовать гравитационным силам, сжимающим звезду. Теория говорит о том, что такая звезда сожмется в «точку». Если бы была возможность со стороны наблюдать за этим процессом, обнаружились бы удивительные вещи. На глазах у «изумленной публики» коллапсирующая звезда исчезла бы за одну стотысячную долю секунды.

Но что значит: «звезда сжимается в точку»? Ведь, к примеру, если масса черной дыры порядка массы миллиарда солнц, то в процессе коллапса свет перестанет выходить из такой дыры при сравнительно низких средних плотностях внутри ее.

А что будет дальше? Сожмется ли эта масса до бесконечной плотности, в «точку» или что-то может воспрепятствовать этому процессу? Здесь мнения ученых расходятся.

Во всяком случае, сегодня не очень понятно, что происходит в черной дыре с точки зрения наблюдателя, находящегося внутри ее. Но почему, собственно говоря, эти мертвые объекты, «звездные трупы» могут интере-

совать нас, да еще с точки зрения существования около них внеземных цивилизаций? Для ответа на этот вопрос обсудим вкратце классификацию цивилизаций, предложенную известным советским астрофизиком членом-корреспондентом АН СССР Н. Кардашевым.

Он подразделяет возможный уровень развития внеземных цивилизаций на три ступени.

Цивилизация первого типа подобна нашей земной и использует энергию планетарного масштаба.

Если цивилизация первого типа развивается дальше, а не гибнет по какой-либо причине, она выходит за пределы своей планеты и начинает использовать энергию порядка полной энергии своей звезды. Это цивилизация второго типа.

Ну и, наконец, цивилизация третьего типа умеет использовать энергию Галактики, и все звезды Галактики в принципе доступны для нее.

Нарушим обычную последовательность рассуждений и поговорим немного о сверхцивилизациях, цивилизациях третьего типа. Это настолько увлекательная, отдающая фантастикой (правда, строго научной) тема, что последующая беседа о цивилизациях второго типа, быть может, покажется несколько пресной.

Н. Кардашев полагает, что наиболее подходящим местом обитания сверхцивилизаций в нашей Галактике является район ее ядра.

Из сотни миллиардов звезд, образующих Галактику, около двадцати миллиардов расположены вблизи от центра Галактики, причем они примерно на 10 миллиардов лет старше Солнца. Само ядро также значительно старше Солнца. Следовательно, по мнению Н. Кардашева, именно в районе ядра Галактики могут присутствовать суперцивилизации, опередившие нашу земную в своем развитии на 10—15 миллиардов лет.

Природа явлений, происходящих в галактических ядрах, понята отнюдь не до конца, и некоторые наблюдательные факты, как считает Кардашев, можно было бы объяснить деятельностью цивилизаций третьего типа. Что же это за факты?

В 1976 и 1977 годах в научной печати появились сообщения о том, что строго в центре нашей Галактики обнаружен точечный радиоисточник, излучающий на коротких волнах. Его размеры менее диаметра Солнечной системы, и поэтому с расстояния в десятки тысяч све-

товых лет он, разумеется, кажется точкой. Природа этого источника непонятна.

Может ли он свидетельствовать о какой-то деятельности сверхцивилизации? Может. Может ли это быть каким-либо чисто природным явлением, никак не связанным с разумной деятельностью? Может. Оба вопроса ждут своих ответов.

А что представляют собой несколько источников инфракрасного излучения с температурой, близкой к комнатной? Это тоже неизвестно. Источники расположены около центра Галактики.

Быть может, это гигантские астроинженерные конструкции? В принципе и такую возможность нельзя исключать. Ведь если экстраполировать потребление энергии нашей земной цивилизацией на время, скажем, миллион лет, что существенно меньше космологических времен (миллиард лет), то это будет соответствовать уровню энерговыделения ядрами галактик.

Что можно ожидать в недалеком будущем от нашей цивилизации, находящейся (по космическим меркам) в самом начальном периоде развития?

Рано или поздно человечество столкнется вплотную с проблемой перенаселения и нехватки энергии. Наиболее привлекательный и, быть может, единственный выход из создавшейся ситуации — постройка «эфирных городов», о которых писал в свое время еще Циолковский.

Сегодня разработке подобных проектов уделяется самое пристальное внимание. Здесь особенно интересны «иерархические» конструкции, предложенные известным физиком-теоретиком Ф. Дайсоном. За основу такой конструкции можно взять, например, стальную балку толщиной в 1 сантиметр, длиной в 1 метр. Двадцать таких балок соединяются в правильный октаэдр. Затем 100 таких октаэдров соединяются последовательно, линейно и образуют новую «балку», которая служит ребром второй ступени конструкции — тоже октаэдра. А 100 октаэдров станут ребром следующего октаэдра и так далее.

Так вот, для того чтобы сделать конструкцию размером в миллион километров, понадобится всего шесть ступеней с общей массой около трехсот миллиардов тонн. Подобные конструкции можно и нужно, естественно, собирать не на Земле, а в космосе. На них можно натягивать отражающие пленки, перехватывая тем са-

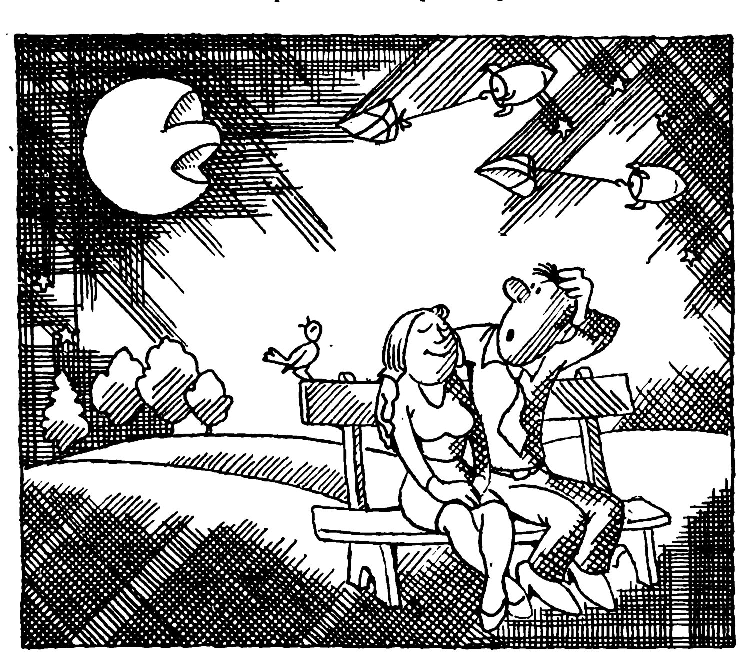
мым излучение Солнца. Двести тысяч подобных конструкций, расположенных за орбитой Земли, смогли бы перехватить все излучение Солнца и полностью решить таким образом проблемы, связанные с энергетическим кризисом.

Несколько ближе к реальности астроинженерные конструкции, предложенные О'Нейлом. Не так давно его проекты обсуждались в НАСА.

Космическая колония О'Нейла, рассчитанная на 10 тысяч человек, представляет собой цилиндр (или тор), разделенный на несколько продольных секций. Внутри цилиндров — воздух при атмосферном давлении, причем диаметр цилиндров столь велик, что рассеяние солнечного света в воздухе создает голубой цвет неба. Внутри цилиндров можно создать и облака, плавающие на расстоянии сотен метров от их внутренней поверхности.

Цилиндры быстро вращаются, чтобы обитатели не оказались в состоянии невесомости.

На поверхности секций наносится полутораметровый слой почвы, строятся жилые дома земного типа, разбиваются сады и парки. Размеры первого космического



города довольно скромные: длина цилиндра один километр при диаметре двести метров.

Задача первой колонии — проверка всех систем жизнеобеспечения и начало сооружения второго, более солидного цилиндра, диаметр которого немногим менее километра. Вторая колония строит третий город, а третья — четвертый с диаметром 6—7 километров и длиной 30—40 километров. В одной такой колонии смогло бы жить около двадцати миллионов человек. О'Нейл считает, что первая колония могла бы быть построена в 1988 году, а четвертая в 2008 году.

Что и говорить, цифры выглядят весьма оптимистично. Но О'Нейл не ограничивается этим. Он полагает, что примерно через 50 лет около 90 процентов населения земного шара переселится в космические города.

Поговорим о стоимости этого проекта. Где, к примеру, взять материалы для постройки таких циклопических сооружений? О'Нейл считает: 98 процентов необходимых «стройматериалов» для первой колонии может дать Луна. И поэтому первую колонию надо строить из алюминия и стекла, поскольку на Луне их много. С Земли же для постройки города доставляется на орбиту четыре тысячи тонн машин, оборудования, около пяти с половиной тысяч тонн жидкого водорода (как компонент топлива) и две тысячи колонистов.

Вроде бы все хорошо. И тем не менее кажется, что О'Нейл приводит абсолютно нереальные оценки стоимости этого проекта. Он считает, что затраты на первую колонию составят примерно 30 миллиардов долларов. Интересно, что зарплата одного колониста составит 50 тысяч долларов в год — больше, чем ставка университетского профессора. Но 30 миллиардов — стоимость программы «Аполлон». А цены растут, да и проект О'Нейла много сложнее запусков на Луну. Поэтому ясно, что реальная цена проекта — многие сотни миллиардов долларов. Заметим, что поскольку сейчас в мире тратится 550 миллиардов долларов в год на вооружение, то даже эта цифра выглядит довольно скромной. Здесь стоит отметить, что стоимость второй колонии будет всего лишь на 10 процентов больше первой.

Все проекты указывают на реальную возможность перехода нашей земной цивилизации от первого типа ко второму в течение ближайших ста-двухсот лет.

Но при чем все-таки черные дыры, о которых мы говорили чуть ранее? Дело в том, что их могут использо-

вать для совершенно определенных целей внеземные цивилизации третьего типа — суперцивилизации.

Для этих цивилизаций астроинженерные конструкции — детские игрушки. Да и наша Галактика, быть может, давно ими изучена, как изучен путь от дома на работу большинством людей. Ведь эти цивилизации могут быть старше нас на многие миллиарды лет.

Нельзя исключить того, что для сверхцивилизаций более интересным, чем межзвездные перелеты, будут путешествия по другим вселенным. Н. Кардашев высказал идею о том, что такие путешествия возможны, если перейти границу массивной заряженной черной дыры. Какие есть основания для столь смелой мысли? Некоторые теоретики считают, что черная дыра — колодец во времени и пространстве, коридор в другие миры. Ведь никто на сегодняшний день не установил односвязности космического пространства, единственности наблюдаемого макромира (да и микромира тоже). Более того, вполне возможно, что большое число различных вселенных могут соединяться между собой через черные дыры.

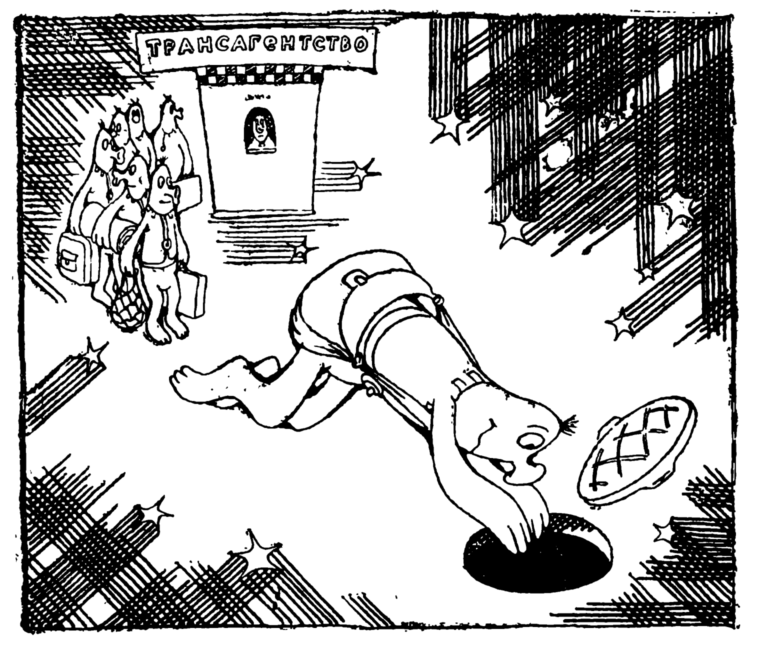
Этот очень старый и очень важный философский вопрос о единственности нашей Вселенной до сих пор не решен. Сколько вселенных в мегамире? Одна? Тогда мегамир и Вселенная тождественные понятия. Или число вселенных неограниченно? Но связаны ли они между собой? А если связаны, то каким образом? Черные дыры и есть, быть может, те перемычки между вселенными, которые открывают возможность путешествий во времени-пространстве.

Но где же эти таинственные двери в чужие и далекие миры?

Можно предположить, что в центре нашей Галактики находится массивная черная дыра с массой в несколько миллионов масс Солнца.

Вообще говоря, плотность черных дыр огромна. Но если дыра не превращается в точку, то чем больше ее масса, тем меньше средняя плотность. И в этом случае средняя плотность подобной дыры позволила бы, в принципе «безболезненно», в нее проникнуть. Тогда возникает вопрос: быть может, суперразум занят многие миллиарды лет тем, что исследует, словно космический летучий голландец, бесконечные вселенные мегамира, используя для перехода в них черные дыры?

Суперразум имеет также все средства для того, чтобы управлять движением звезд. Сколь фантастическим



ни кажется это предположение, оно имеет под собой твердую научную основу, причем намного более твердую, чем сюжеты многих фантастических романов.

Необходимо отдавать себе отчет в том, что человечество, по меткому выражению Х. Шепли, «лишь капля интеллекта в жизни Вселенной». Мы находимся лишь в самом начале дороги познания. Слишком многое неизвестно для нас сегодня. Мы не знаем, к примеру, что было в начале и до начала расширения Вселенной, будет ли она расширяться бесконечно или снова начнет сжиматься, почему скорость света равна именно 300 тысячам километров в секунду, а не 250 или 500 тысячам километров. Да и кто может быть уверен, что мы знаем сегодня все законы природы?..

Н. Кардашев надеется, что именно в центре нашей Галактики находятся цивилизации, давно имеющие ответы на эти и многие другие загадочные вопросы. Ведь, по всей видимости, именно там раньше всего начался процесс звездообразования. Ведь в сфере, окружающей центр Галактики, объем которой менее одной миллионной части от объема всей Галактики, содержится около миллиарда звезд!

Так сколько же разумных цивилизаций может быть в нашей Галактике? По различным оценкам, от одной (наша) до миллиарда. Понятно, что первая оценка чересчур пессимистична, а вторая, по-видимому, завышена. Мы обсудим эти цифры чуть позже, а сейчас поговорим немного о возможности прямой связи с цивилизациями, находящимися на сравнительно небольших расстояниях от Земли. Речь пойдет о так называемой гипотезе Брейсуэлла.

Брейсуэлл для начала разбирает несколько вариантов контакта для различных расстояний между «обитаемыми» звездами. Сначала он рассматривает случай, когда дистанция между двумя звездными системами, населенными разумными существами, равна десяти световым годам. В этом варианте для связи удобнее всего радио. Кстати, по проекту ОЗМА уже прослушивались районы ближайших к нам звезд ε Erid и τ Ceti. Результат был отрицательным, и прослушивание этого участка неба было прекращено.

Еще хуже, если цивилизация может существовать лишь около одной из тысячи «пригодных» звезд. Тогда вероятность приема сигнала, по оценкам Р. Брейсуэлла, менее одной миллионной.

Но дело не только в этом. Главная проблема в подтверждении корреспондентом того, что сигнал не только принят, но и правильно понят. Трудности здесь исключительно велики. Именно поэтому Брейсуэлл рассматривает другой вариант контакта — контакт с помощью межзвездного зонда.

Если зонд вошел в конце концов в зону исследуемой цивилизации, исчезают вопросы, связанные с приемом сигнала, становится реальностью прямой обмен информацией. Брейсуэлл полагает, что подобный зонд (или зонды) уже давным-давно находится около Земли и ждет лишь того, когда же на него обратят внимание.

А каким образом сам зонд может привлечь внимание земной цивилизации? И вот здесь Р. Брейсуэлл считает, что наиболее целесообразным является повторение земных радиопередач с таким временем задержки, которое нельзя объяснить естественными причинами. Это так называемое задержанное радиоэхо.

Каждый, кто разговаривал по радиотелефону, например, из Москвы с Петропавловском-на-Камчатке, знает, что это такое. Вы слышите свои собственные фразы, еще раз повторенные с небольшой задержкой. Поэтому

Р. Брейсуэлл предлагает подробно изучить все случаи аномально больших задержек радиоэха.

Идею Брейсуэлла проанализировал советский ученый Л. Ксанфомалити. Суть этого анализа сводится к следующему. Эффекты задержанного радиоэха наблюдали еще Н. Тесла и Г. Маркони, но их наблюдения остались без внимания. В 20-х годах нашего столетия стали появляться первые радиостанции, их было немного. Эфир был просто-напросто пуст по сравнению с сегодняшним днем. Поэтому чрезвычайно легко было слушать радио — никто не мешал, не было нужды в тонкой настройке.

В сентябре 1928 года сотрудники фирмы «Филипс» получили сигналы задержанного радиоэха с временем задержки до 30 секунд. Сигналы радиоэха составляли одну треть по амплитуде от основного сигнала и принимались на той же самой частоте. Были получены дополнительные данные о радиоэхе. Часть задержанных сигналов была неясной, но встречались и очень четкие. Измеренные задержки иногда превышали минуту.

Конечно, можно предположить, что сигнал просто отражается от «чего-то», но в этом случае тело, от которого отражался сигнал, надо было искать на расстояниях значительно больших, чем расстояние до Луны. Гипотеза Брейсуэлла в значительной мере стимулировала повторный анализ сигналов, полученных в 20-х годах.

Обработка серий радиоэха привела некоторых энтузиастов к выводу о том, что причиной задержки сигналов является их «ретрансляция» инопланетным зондом. Зонд обрабатывает земные сигналы, записывает их, а затем передает снова. Этот зонд якобы уже 13 тысяч лет находится около Земли и прибыл к нам от звезды ε Волопаса. Следует заметить, что в подобного рода работе желаемое выдается за действительность. Эти «изыскания» имеют малую, а быть может, отрицательную ценность хотя бы потому, что ε Волопаса — красный гигант: место явно неподходящее для развития цивилизации.

В ряде случаев задержанное радиоэхо можно объяснить на основе процессов, происходящих при прохождении сигнала через ионосферу Земли. Но тем не менее некоторые особенности этого феномена непонятны и до сегодняшнего дня. Одно из удивительных свойств задержанного радиоэха — его появление при освоении новых радиодиапазонов. И все-таки радиоэхо, по мнению

Л. Ксанфомалити, — «побочный продукт какого-то неизвестного процесса». Скорее всего это так. Но... быть может, зонд все-таки есть или был когда-то непосредственно на Земле?

На недавней конференции в Таллине по вопросам поиска внеземных цивилизаций анализ подобной возможности был сделан в докладе советского астрофизика Л. Гиндилиса, в котором, в частности, рассматривалась также и проблема палеоконтактов. Идея автора состоит в том, что культура некоторых известных нам древних цивилизаций несет следы соприкосновения с очень высокой культурой. И было бы совершенно неоправданно полностью исключить ее космическое происхождение.

Подобное заключение не имеет на сегодняшний день строгого научного обоснования. То же можно сказать и о так называемых неопознанных летающих объектах. Предположение о связи этих объектов с межзвездными кораблями ничем не обосновано. Это еще один пример попытки выдать желаемое за действительность и, не проанализировав все другие возможности, поспешно апеллировать к внеземному разуму!

Разумно считать, что «внеземная» гипотеза неопознанных объектов в атмосфере Земли имеет право на жизнь. Но эта гипотеза должна поддерживаться отнюдь не сомнительными публичными лекциями, а тщательным научным анализом наблюдательных фактов. Поспешные выводы здесь очень опасны. Досужие «лекторы» просто-напросто спекулируют на извечной тяге людей к неизвестному.

И к сожалению, наряду с вполне добросовестными изысканиями и достаточно обоснованными предположениями нередко встречаются и чистой воды спекуляции, а то и прямые подтасовки научных фактов. Достаточно вспомнить нашумевшие «произведения» Деникена, в частности не выдерживающий критики фильм «Воспоминания о будущем».

Что думают по этому поводу серьезные ученые?

Тысячелетия назад в долине реки Хуанхэ появились мудрые и гуманные существа — «сыны неба». Об этом свидетельствуют сохранившиеся отрывки из ныне исчезнувшей древней книги «Записи о поколениях владык и царей». Изучение этих отрывков позволило советскому синологу И. Лисевичу сделать очень интересные предположения.

Появлению на Земле «сынов неба» всегда сопутство-

вало падение звезд. «Звезда, словно радуга, пролетела вниз». Еще более определенно говорится о пришельцах с неба в древних текстах Тибета:

...Яйцо, созданное магической силой богов Са и Бал,
Вышло под действием собственной тяжести
Из божественного лона пустого неба.
Скорлупа стала защитным панцирем,
Оболочка защищала как броня...
Внутренняя оболочка стала
Цитаделью для тех, кто уже в ней...
Из самого центра яйца вышел человек,
Обладатель магической силы...

«Сынов неба» в китайской мифологии несколько. Но больше всего материалов осталось о Хуанди, появившемся в Китае почти четыре с половиной тысячи лет тому назад. Хуанди всесилен. Он совершает путешествия к Солнцу, его окружают послушные ему чудесные существа. Но вот что очень важно и что совершенно правильно подчеркивает в своей работе И. Лисевич. Хуанди не ведет себя с людьми как бог или пророк. Он не навязывает им никакой религии, веры, ни с кем не борется, не переустраивает мир, не требует поклонения и подчинения. Он занимается своими делами.

Что же это такое? Одни из его помощников занимались астрономическими наблюдениями, другие составляли географические карты... «Имеются в виду рисованные образы Земли и разных предметов (на ней), (которые) позволяют пришельцам с ними сверяться», — пишет один из комментаторов книги «Корни поколений».

Интересно, что уже в давние времена использовался термин «пришелец», буквально: «тот, кто пришел». Пришельцы занимались изготовлением каких-то странных приспособлений. В частности, Хуанди изготовил двенадцать огромных металлических зеркал и «использовал их, следя за Луной». Эти зеркала, сделанные из «божественного металла», обладали чудесным свойством. На их обратной стороне были различные изображения. Так вот, когда на зеркало падали лучи Солнца, «то все изображения и знаки его обратной стороны отчетливо выступали на тени, отбрасываемой зеркалом». Быть может, поверхность зеркал была не сплошной, а быть может, это была какая-то неизвестная технология.

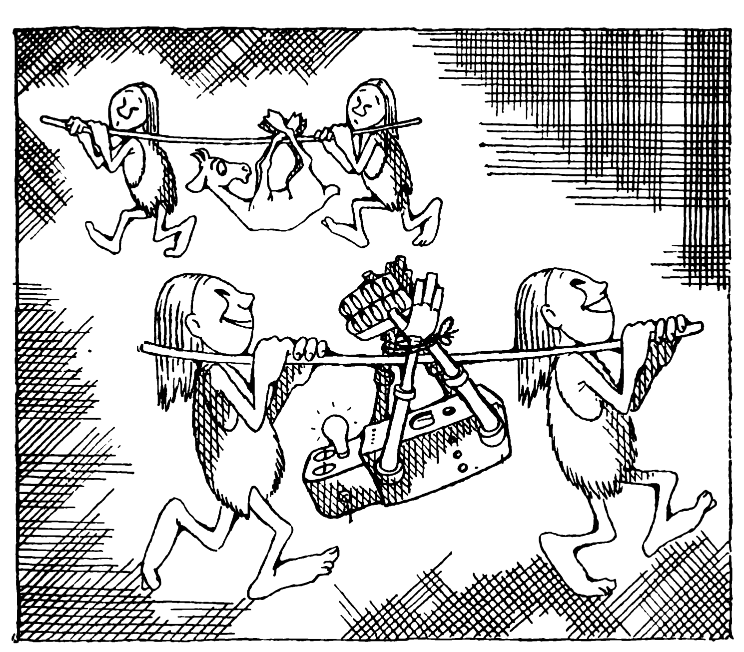
Не менее интересно и описание «чудесных треножников». Высота их составляла 3—4 метра, а объем сосуда всего около ста литров. Когда треножник работал, из

него доносился шум, он «клокотал». Расположение треножника было выбрано таким образом, чтобы он «видел» звезды Сюань-Юань (район созвездия Льва). Быть может, треножник служил средством дальней космической связи?

Древние авторы пишут, что треножник являлся «подобием Великого единого» — Дао, сердца Вселенной. Треножник «знал существующее и исчезнувшее, прошлое и настоящее», он мог покоиться и мог идти, мог (становиться) легким. Не содержится ли здесь указание на то, что пришельцы нашли способ воздействия на гравитационные силы?

У пришельцев были и другие чудесные механизмы, но мы, следуя за изложением текстов И. Лисевичем, обратим внимание на то, что у Хуанди были, по всей видимости, отряды роботов.

Сам «сын неба» с ближайшими помощниками орудовал в Северном Китае, в то время как на юге трудился «Чи Ю и его братья» числом около восьмидесяти. Чи Ю мог даже ненадолго подниматься в воздух. Все источники единодушно указывают, что основным рационом питания Чи Ю были... камни, песок и железо!!! Похоро-



нен он был в уезде Чжолу. Голову его закопали отдельно, и она долгое время излучала тепло. Из места захоронения иногда вырывались облака пара, которому поклонялись местные жители.

Я отдаю себе полностью отчет в том, что все изложенное здесь легче всего считать мифом, сказкой. Но такое отношение к древним текстам было бы чересчур близоруким и ограниченным. Даже если это «чистая» сказка, не следует ограничивать своей фантазии. Любая сказка имеет определенные истоки, и было бы проще всего списать все «чудеса» древнекитайских мифов на досужие выдумки.

В книге «Юнаэ дадянь, свиток 11956» говорится о том, что Хуанди странствовал по Вселенной «в беспредельности». Для этого ему пришлось овладеть основным законом, управляющим Вселенной — Дао. И. Лисевич справедливо говорит о том, что древнекитайские тексты многозначны и очень трудны для понимания.

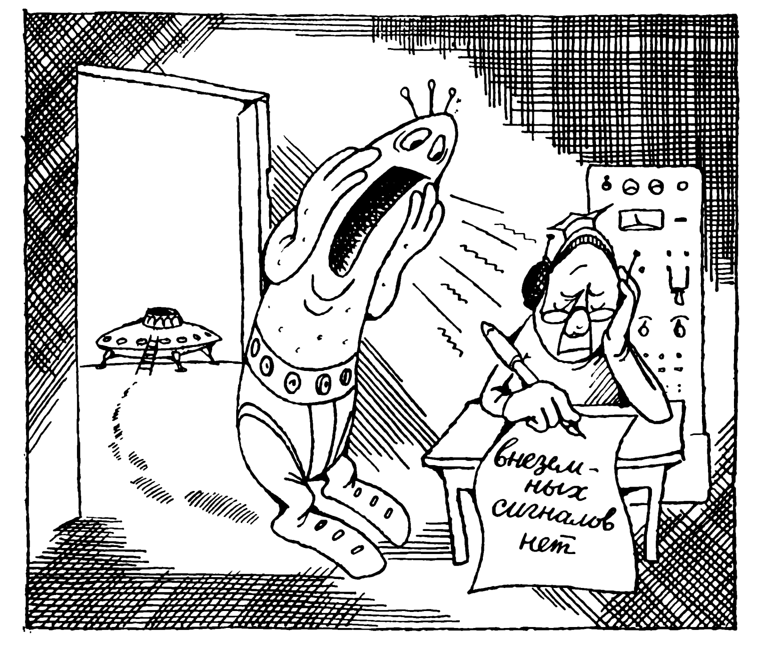
Но какие козыри очутились теперь, после расшифровок, в руках сторонников палеоконтактов! Ведь что стоит, к примеру, описание полетов Хуанди и его помощника Фэнцзы: «Фэнцзы сжег себя в куче пламени, вместе с дымом поднялся и опустился, за одно утро долетел до зубычих песков». Но это сущие пустяки по сравнению с путешествием самого Хуанди, обладавшего удивительным средством передвижения — драконом под названием Чэнхуан. Чэнхуан «в один день покрывает мириады верст; севший на него человек достигает возраста двух тысяч лет». По-видимому, Хуанди и его коллеги были хорошо знакомы с теорией относительности.

Итак, созвездие Льва с его самой яркой звездой — Регул. Быть может, там есть «братья по разуму»?

Созвездие Льва изучалось радиоастрономическими способами на предмет поиска сигналов искусственного происхождения, но... безрезультатно.

Разумеется, в столь сложной и многозначной задаче, как поиск внеземных цивилизаций, нельзя ориентироваться только на указания древних текстов, нередко допускающие полярные интерпретации. Тем не менее эти тексты дают нам определенную пищу для размышлений.

Для решения вопроса о визите или визитах на Землю представителей внеземного разума в прошлом нужны бесспорные доказательства. Таких бесспорных дока-



зательств сегодня нет. Без них этот вопрос относится к категории утверждений, которые нельзя ни доказать, ни опровергнуть.

Стоит еще заметить, что практически каждый человек очень хочет встречи с неизвестным, в частности, с внеземным разумом. Поэтому может иметь место подсознательная аберрация при оценке каких-либо фактов, допускающих неоднозначное толкование.

Каким образом современная наука пытается решить вопрос об установлении контакта с внеземным разумом? Заметим, что в связи с гонкой вооружений сегодня в США существенно сокращены ассигнования на поиск внеземных цивилизаций радиотехническими методами. И все-таки в 1978 году на 300-метровом радиотелескопе в Аресибо был произведен эксперимент по поиску сигналов от ближайших звезд. В течение трех месяцев радиоастрономы изучали 185 звезд классов К и М в радиусе около 90 световых лет от Солнца. Результат был отрицательным. Более длительная программа предусматривает исследование 770 звезд типа нашего Солнца в «ближайших» от него окрестностях.

Как мы видим, подход американских ученых к этой

проблеме радикально отличается от идей исследования центра Галактики Н. Кардашева.

В Таллине обсуждался также проект межзвездного зонда к ближайшим соседям Солнца. Основу проекта составляет пятиступенчатая ракета с начальной массой около 3 тысяч тонн (без стартовой ступени) и полезной нагрузкой 450 килограммов. Используются две такие системы, одна из которых работает как дозаправщик, что позволит развить скорость в 0,4 скорости света и получить результаты уже в течение жизни одного поколения. Главная задача запуска — обнаружение других планетных систем и попытка установления контакта.

Итак, есть две концепции. Первая — поиск планетных систем около звезд типа Солнца и надежда связаться с цивилизациями, похожими на нашу. Вторая — прием сигналов и возможный контакт с суперразумом. Обсудим обе возможности. При этом следует учесть, что на сегодняшний день широко дискутируется точка зрения, согласно которой каждая цивилизация стабилизируется или гибнет при достижении уровня развития, близком к нашему. Ясно, что если в основу первой концепции заложить предположение о нашей неизбежной гибели, то и сама проблема контакта во многом теряет смысл. Эта точка зрения находит поддержку в докладе члена-корреспондента Академии наук СССР И. Шкловского, прочитанного в Таллине. Шкловский полагает, что всякий гипертрофированный орган является рано или поздно причиной гибели биологического вида. Он проводит параллель между вымиранием саблезубого тигра, который, по его мнению, вымер из-за огромных зубов, на определенной стадии мешавших ему нормально пожирать добычу, и чрезвычайно развитым мозгом человека.

Я не уверен в том, что подобная аналогия правомочна, но нельзя не признать, что угроза гибели человечества как вида сегодня существует, и более того, человек действительно своим собственным разумом подготовил почву для катастрофы, будь то необратимое загрязнение окружающей среды или термоядерная война. Но ведь выходы из создавшейся ситуации есть. Есть надежда, что именно разум человека сумеет преодолеть огромные трудности, с которыми он сегодня столкнулся. Что касается необходимости некой стабилизации уровня развития цивилизации, то абсолютно неясно, почему это должен быть именно нынешний уровень. Против

этого говорят хотя бы проекты Дайсона и О'Нейла, которые открывают достаточно ясную и очевидную перспективу роста уровня нашей цивилизации.

Здесь, правда, существует еще одно обстоятельство, которое заслуживает, на мой взгляд, внимания. Оно заключается в том, что нам неизвестны временные характеристики развития как социальных, так и биологических систем. Мы обсуждали этот вопрос с И. Шкловским и пришли к выводу, что даже в космогонических масштабах времени допустима огромная неопределенность. Ну, действительно, жизнь на Земле развивается около 3,5 миллиарда лет. Предположим, что средняя температура Земли была бы всего на 5 градусов ниже, чем сегодня, — это вполне реальное предположение при рассмотрении аналога нашей планеты около другой звезды, похожей на Солнце. К чему бы это могло привести?

Бесспорно, ход эволюции неумолим, и жизнь, если бы она возникла, развивалась бы и на другой планете. Но кто может гарантировать, что небольшое понижение средней температуры не задержало бы ход развития в два, три... десять раз? Даже для чисто химической эволюции эти цифры вполне реальны: ведь при изменении температуры на 10 градусов скорости химических реакций изменятся примерно в два раза. А зависимость скорости биологической эволюции от температуры неизвестна.

А другие факторы! Скажем, уровень радиации, соленость первобытных морей или их кислотность. Кто знает, как это повлияло бы на ход эволюции? Никто.

Именно поэтому кажется вполне допустимым, что могут быть задержанные во времени по отношению к нам инопланетные биосистемы, у которых сегодня уровень развития находится, скажем, на ступени появления сине-зеленых водорослей или кистеперых рыб. Более того, нельзя исключить, что при совершенно незаметных изменениях природных условий разум не появится вообще. А ведь последовательно развивая эту точку зрения, можно прийти к выводу, что для возникновения разумной жизни нужны точно такие же условия, как на Земле. Вероятность этого, конечно же, исчезающе мала.

Слабость изложенной позиции состоит в том, что степень нашего незнания делает допустимыми крайние, альтернативные позиции. Можно ведь предположить, что

существуют планеты и с более благоприятными, чем на Земле, условиями для развития жизни (поскольку мы не знаем, какие условия оптимальны). И тогда, возможно, прав Н. Кардашев, утверждающий, что в центре Галактики давно существует жизнь и уровень развития цивилизаций там таков, что современному человеку трудно себе его представить.

Главные вопросы — есть ли внеземные цивилизации, где и как их искать — остаются открытыми. Существует, однако, возможность «сузить» задачу и попробовать оценить, конечно в чисто вероятностном плане, число технологических цивилизаций нашего, земного типа в Галактике.

На первый взгляд подход к такой задаче очевиден. Нужно просто взять число звезд типа Солнца (желтых карликов G2) в Галактике, а их количество приблизительно известно, принять, что около каждой из таких звезд есть хотя бы одна обитаемая планета, и тогда получится «оценка сверху». Но такой подход не совсем корректен, ибо трудно говорить о равенстве условий для звезд, расположенных ближе к центру Галактики, и для звезд, удаленных от центра. Здесь наши знания ограничены, и такой подход неизбежно нес бы отпечаток произвола. Тем более что в последнее время советский астрофизик Л. Марочник обратил внимание на особые условия узкой кольцевой области Галактики, в которой заключена галактическая орбита Солнечной системы.

О каких особых условиях идет речь и каким образом их можно связать с проблемой внеземных цивилизаций?

Хорошо известно, что многие галактики, и в том числе наша, имеют спиральную структуру. Вспомним, что, глядя на нашу Галактику сверху, мы смогли бы увидеть два гигантских рукава. Галактика вращается. Угловая скорость ее вращения убывает по мере удаления от ее центра, а спиральные рукава вращаются с постоянной скоростью, так, как если бы они представляли собой твердые образования. Это очень важный факт, из которого следует, что на каком-то вполне определенном расстоянии $R_к$ от центра Галактики и сама Галактика и рукава вращаются синхронно. Именно радиус $R_к$ и определяет так называемый коротационный круг, а зона коротации — узкое кольцо, охватывающее коротационный круг, — единственное, особо выделенное место в

каждой спиральной галактике. Наша Солнечная система находится как раз в зоне коротации, то есть в особых условиях. В таких же условиях находятся и все остальные объекты коротационного тора.

Исключительно важным является тот факт, что условия звездообразования и эволюции газопылевых облаков в зоне коротации и вне ее существенно различны.

Это предоставило возможность Л. Марочнику и мне предложить галактический антропный принцип (ГАП), согласно которому формы жизни и цивилизации нашего типа могут возникать лишь в галактических поясах жизни — коротационных торах. Конечно, это лишь гипотеза. Однако то, что Солнечная система находится в Галактике «на особом положении», делает гипотезу привлекательной.

Солнце вместе с системой планет находится между спиральными рукавами Персея и Стрельца и медленно двигается по направлению к рукаву Персея. Для ГАП исключительно важно то обстоятельство, что «время жизни» Солнечной системы одного порядка со временем, которое она проводит в межрукавном пространстве. Почему?

При втекании межзвездного газа, вращающегося вместе с галактическим диском, в спиральный рукав на его внутренней кромке возникает галактическая ударная волна, в которой происходит сжатие газа. И тогда в этом районе начинается рождение звезд, причем как звезд типа Солнца, так и массивных сверхновых II типа.

Есть основания считать, что именно вспышка сверхновой инициировала рождение Солнечной системы, а «спокойная жизнь» Солнца и планет началась лишь тогда, когда наша звезда покинула свое место рождения и рукав Стрельца и вышла в межрукавное пространство. Именно здесь жизнь, зародившаяся на Земле, достигла уровня технологической цивилизации.

Напомним, что при вхождении в другой рукав наша цивилизация может погибнуть под влиянием облучения от вспыхивающих здесь сверхновых. Такая же участь может, по-видимому, ожидать и другие цивилизации, возникшие в коротационной зоне. Поэтому полное время жизни цивилизации нашего типа согласно ГАП есть время, в течение которого соответствующая звезда с ее планетной системой (и жизнью в ней) движется от рукава к рукаву. При этом очевидно, что в коротационном торе могут существовать цивилизации, не дошед-

шие до нашего уровня развития, а могут быть и перешагнувшие его.

Используя некоторые астрономические данные, можно оценить время, оставшееся нашей цивилизации до ее вероятной гибели.

Сначала следует посмотреть, на каком расстоянии от Солнца может вспыхнуть сверхновая и как этот взрыв повлияет на «земную биологию». Впервые вопрос о влиянии, которое может оказать вспышка близкой сверхновой на «земную биологию», рассмотрели В. Красовский и И. Шкловский в 1957 году.

Мы провели ряд интересующих нас оценок в свете идей ГАП. Эти оценки показали, что вероятное расстояние, на котором может вспыхнуть ближайшая к Солнцу сверхновая при входе Солнца в рукав, составляет примерно 10 парсек (около 32 световых лет). Как показал И. Шкловский, главным эффектом от вспышки близкой сверхновой является увеличение интенсивности космических лучей приблизительно на два порядка в области, окружающей сверхновую, радиусом 10 парсек.

Грубые оценки показывают, что при облучении, которому подвергнутся люди при возможной вспышке сверхновой неподалеку от Солнечной системы, ежегодно должно вымирать примерно 0,056 процента населения земного шара. Таким образом, за 10^4 лет может погибнуть все население, если гибель не перекрывается воспроизводством — естественным приростом населения за счет рождаемости.

В современных условиях ежегодный прирост населения составляет приблизительно 2,3 процента, что существенно перекрывает риск гибели. Однако в более ранние эпохи прирост численности населения был существенно ниже. Так, в палеолите он составлял всего 0,0004—0,007 процента, и поэтому на ранних этапах эволюции нашей цивилизации близкая вспышка сверхновой должна была стать гибельной для человеческой популяции, так как естественный прирост населения меньше, чем риск гибели. С другой стороны, в будущем прирост населения должен резко сократиться, так как наша планета вряд ли может обеспечить жизнедеятельность более 10 миллиардов человек. Поэтому можно предположить, что в будущем риск гибели от облучения также будет существенно выше, чем возможный прирост.

Конечно, сейчас трудно делать столь долговременные прогнозы о будущем нашей цивилизации, которая, с одной стороны, может сама себя уничтожить вследствие глобальной ядерной войны, а с другой — может изобрести эффективные средства защиты своей планеты от долговременного облучения.

Что ж, будем, как говорится, надеяться на лучшее, а сейчас, используя ГАП, оценим верхний предел полного числа цивилизаций нашего типа в Галактике. Можно показать, что в зоне коротации находится примерно $7 \cdot 10^7$ звезд типа Солнца (G2-карликов). В области с радиусом в 25 парсек, окружающей Солнце, G2-карликов приблизительно 2—3 процента.

Тогда, если предположить, что каждая звезда имеет планетную систему, на планете есть жизнь, есть разум и есть технология (а в сущности, такая гипотеза следует духу ГАП), возможное число цивилизаций нашего технологического уровня в зоне коротации будет около сорока миллионов.

Это весьма значительная величина. Не представляет труда найти отношение возможного числа цивилизаций более развитых, чем наша, к числу отстающих от нас по своему уровню. Это отношение равно примерно 0,7.

Данные оценки представляют собой верхний предел возможного числа технологических цивилизаций в рамках гипотезы ГАП. Если мы действительно неодиноки, то орбита, по которой движется Солнечная система в Галактике, может быть образно названа «дорогой жизни» так же, как зона коротации — «поясом жизни» в Галактике.

Очевидно, нижний предел числа технологических цивилизаций есть просто единица, что соответствует нашему одиночеству. В последнем случае феномен существования нашей цивилизации случаен.

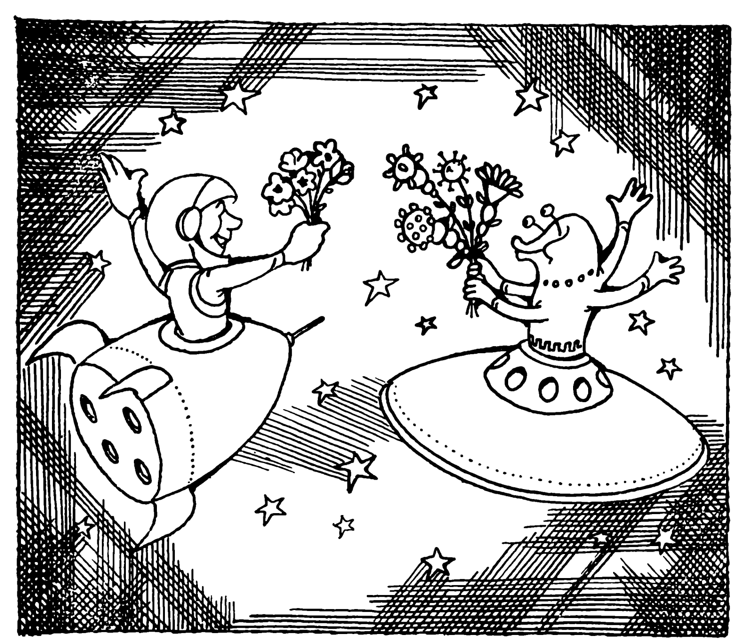
Все высказанные здесь соображения в равной мере относятся и к другим спиральным галактикам.

Во всяком случае, выделенность коротационного круга в Галактике открывает еще одну возможность в стратегии поиска внеземных цивилизаций.

Наши знания о закономерностях развития цивилизаций не дают сегодня возможность сколь-либо точно оценить число внеземных сообществ в Галактике. Недаром различные оценки колеблются в пределах от единицы до миллиарда. Эта ситуация полного незнания дает право на существование альтернативных точек зрения

Шкловского и Кардашева. Шкловский, говоря о возможной интерпретации наблюдаемых объектов неизвестной природы, отдает безоговорочный приоритет «естественному» их объяснению, подчеркивая отсутствие на сегодня каких-либо «космических чудес». Альтернативную же интерпретацию, о которой мы уже говорили, со всеми вытекающими отсюда последствиями Шкловский называет «подростковым оптимизмом». С другой стороны, в одной из своих статей Кардашев называет «презумпцию естественности» насилием над творческой деятельностью, добавляя, что каждый ученый имеет право работать в рамках своей системы взглядов и интуиции. Правда, в этой же статье он категорически заявляет, что поиск цивилизаций нашего, земного уровня логически противоречивое и бесперспективное дело.

Мне кажется, мы не одни в Галактике. Это убеждение основывается не только на интуиции. Мы имеем сегодня массу экспериментального, наблюдательного материала, свидетельствующего о том, что в глубинах Галактики все время идут эволюционные процессы, приводящие к образованию сложных органических комплексов. Мы обнаруживаем их и в метеоритах, и в дале-



ких газопылевых облаках. Хочется еще раз подчеркнуть неумолимость эволюции: обнаружение органики в безднах космоса — свидетельство этой неумолимости.

А дальше? Дальше начинается та самая terra incognita, где открываются широчайшие возможности для самых различных предположений. Причем в общем-то большинство ученых сходятся на том, что жизнь не может быть уникальным явлением во Вселенной. Дискутируются лишь вопросы о том, где она, как долго живет цивилизация, какого уровня она может достигнуть, как с ней связаться, какова вероятность успеха.

К сожалению, ни на один из этих вопросов нет сегодня ответа. Будем надеяться, что если нашему поколению, впервые поставившему проблему поиска и связи с другими цивилизациями, не повезет, то в недалеком будущем наши потомки смогут достойно представлять человечество в великой семье галактических цивилизаций.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ИБ № 3366

Лев Михайлович Мухин

В НАШЕЙ ГАЛАКТИКЕ

Рецензент доктор физико-математических наук профессор **В. Мороз**
Редактор **Л. Антонюк**
Художник **А. Колли**
Художественный редактор **В. Неволин**
Технический редактор **Е. Михалева**
Корректоры **Н Самойлова, И. Тарасова**

Сдано в набор 14.04.83. Подписано в печать 12.09.83. А00198. Формат 84×108$^1/_{32}$. Бумага типографская № 1. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Условн. печ. л. 10,08. Учетно-изд. л. 10,7. Тираж 100 000 экз. Цена 55 коп. Заказ 559.

Типография ордена Трудового Красного Знамени издательства ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия». Адрес издательства и типографии: 103030, Москва, К-30, Сущевская, 21.